



Федеральное агентство по образованию
Министерство образования и науки
Российской Федерации
Тамбовский государственный технический
университет

ИННОВАЦИИ В МИРЕ РОССИЙСКОЙ НАУКИ XXI ВЕКА

Сборник статей магистрантов

В ы п у с к 2

**Тамбов
2005**

УДК 04
ББК Я43
И 66

Ответственный за выпуск –
к.х.н., доц., зав. отделом магистратуры и бакалавриата
Корчагина О. А.

Иновации в мире российской науки XXI века.
Сборник статей магистрантов. Выпуск II. – Тамбов:
ТОГУП «Тамбовполиграфиздат», 2005. – 160 с.

ISBN 5-94359-026-9

В сборник включены научные статьи студентов-магистрантов Тамбовского государственного технического университета.

Предназначен для преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов с целью использования в научной работе и учебной деятельности.

УДК 04
ББК Я43

ISBN 5-94359-026-9

© Тамбовский государственный технический университет, 2005

Направление 551800

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Магистерская программа 551815

Приводы и системы управления технологическими машинами и оборудованием

Барышникова О. В.

ПРИМЕНЕНИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ (СТРУЙНОЙ) СИСТЕМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ВНУТРЕННИМИ ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ СВЯЗЯМИ ЗУБООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ

Одним из путей повышения точности металлорежущих станков при одновременном росте их эксплуатационной надежности является сокращение протяженности кинематических цепей, благодаря применению приводов, обеспечивающих возможность непосредственного соединения исполнительного двигателя с нагрузкой (заготовкой и инст-

рументом), исключая при этом промежуточные механические передачи, коробки скоростей, редукторы, коробки подач.

Наиболее наглядно эта потребность проявляется в резьбо- и зубо-обрабатывающих станках, имеющих в своем составе сложные разветвленные многозвенные кинематические внутренние цепи значительной протяженности, в которых необходимо обеспечить жесткую кинематическую связь для создания точного взаимосвязанного формообразующего движения между заготовкой и инструментом.

Одним из возможных решений сокращения протяженности кинематической цепи с целью повышения точности, жесткости станка, уменьшения металлоемкости и массы станка, может быть применение гидравлических связей, выполненных в виде гидравлического шагового привода.

В качестве исполнительных силовых органов в гидравлических связях используются гидравлические шаговые двигатели, преобразующие последовательность гидравлических импульсов управления в дискретные угловые или линейные перемещения, при этом скорость вращения и суммарный угол поворота выходного вала шагового гидродвигателя пропорциональны соответственно частоте и количеству поданных управляющих импульсов; при отсутствии входных сигналов звено удерживается в зафиксированном положении [1, 5].

Использование дискретных устройств позволяет существенно упростить систему управления, получить достаточную точность и быстродействие при разомкнутой системе управления за счет однозначного соответствия между числом и частотой управляющих импульсов, числом и частотой отработки дискретных перемещений (угловых или линейных) на выходе исполнительных органов.

Применение гидравлических связей на основе шагового гидропривода во внутренних цепях станков сдерживается отсутствием быстропереключаемых систем управления, функционально аналогичных электронным коммутаторам, обеспечивающих требования высокой точности (малой цены шага), высокие требования по надежности (отсутствие пропуска импульсов).

Одним из возможных путей решения этих задач может быть использование средств струйной техники.

Система управления (СУ) гидравлическими шаговыми двигателями (ГШД), размещенными в гидравлической цепи обката (деления) зубодолбежного станка, для привода заготовки и инструмента, реализована на элементной базе системы «Волга», обеспечивает регулирование передаточного отношения и возможность нарезания зубчатых колес с произвольно заданным числом зубьев [2-4].

Структурная схема СУ представлена на рис. 1.

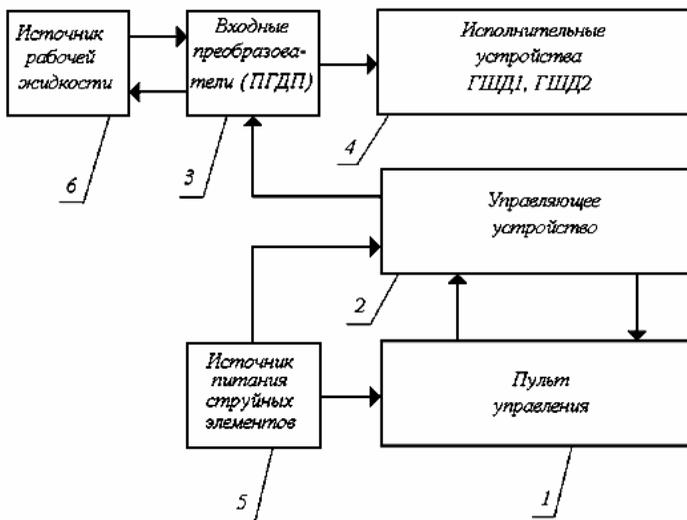


Рис. 1. Структурная схема пневматической (струйной) СУ

Параметры работы системы, т. е. информация о передаточном отношении цепи деления, шаге, направлении вращения выходных валов ГШД задается на пульте управления *1*. Информация с пульта управления поступает в управляющее устройство *2*, обеспечивающее выработку в определенной последовательности импульсов управления шаговыми гидродвигателями исполнительных устройств *4*, расположенными в узлах привода заготовки и долбяка. Для согласования ГШД со струйной СУ служит блок пневмогидравлических дискретных преобразователей-усилителей (ПГДП) *3*. Пневматические элементы системы управления питаются от воздушного компрессора *5*, а гидравлическая часть от насосной станции *6*.

Ниже, в качестве примера, рассмотрена структурная схема зубодолбежного станка для нарезания шевронных колес, цепь деления которого построена с использованием гидравлических связей на основе шагового гидравлического привода управляемого цифровой пневматической (струйной) системой управления.

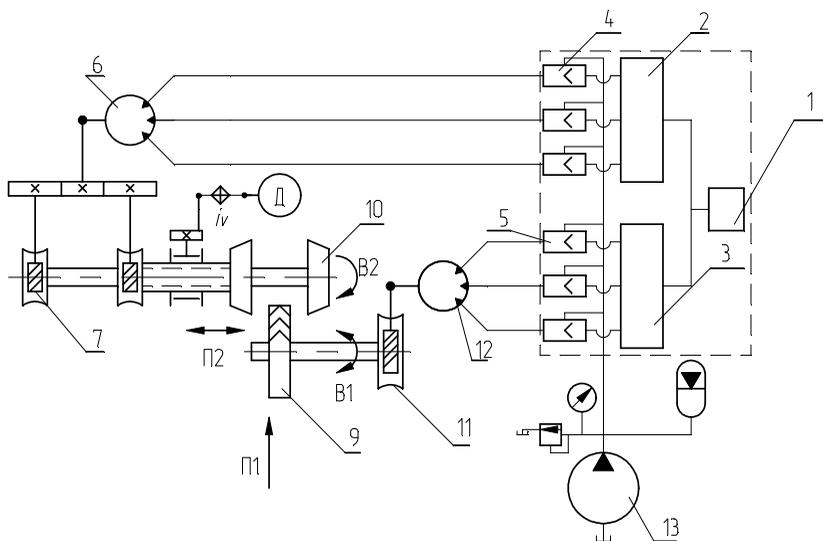


Рис. 2. Структурная схема зубодолбежного станка с внутренними гидравлическими связями и пневматической (струйной) системой управления

Станок включает в себя пневматический генератор тактовых импульсов 1 , сигналы от которого поступают в пневматические управляющие устройства 2 и 3 . Управляющие устройства 2 и 3 распределяют тактовые импульсы по каналам управления гидравлическими шаговыми двигателями 6 и 12 . Преобразование пневматических сигналов низкого давления в гидравлические импульсы высокого давления необходимые для управления ГШД, происходит в блоках пневмогидравлических дискретных преобразователей-усилителей 4 и 5 .

Блок инструментов 10 получает возвратно-поступательное движение Π_2 от электродвигателя $Д$ через звено настройки i_v . Вращательное движение B_2 инструментов осуществляется гидравлическим шаговым двигателем 6 кинематически связанным с инструментами посредством червячных передач 7 .

Вращение B_1 заготовки 9 осуществляется гидравлическим шаговым двигателем 12 , кинематически связанным с заготовкой посредством червячной передачи 11 .

Рабочая жидкость к гидравлическим шаговым двигателям поступает от насосной станции 13 .

Практическая целесообразность применения гидравлических связей на основе шагового гидропривода со струйной системой управления

во внутренних цепях металлорежущих станков заключается в следующем:

- сокращается протяженность кинематических цепей за счет уменьшения до возможного минимума количества промежуточных звеньев, составляющих внутреннюю кинематическую цепь, что существенно упрощает кинематику станка;
- улучшается технологичность конструкции станка, обеспечивая более рациональную компоновку при сложном пространственном расположении рабочих органов станка;
- уменьшается металлоемкость и масса станка;
- струйная система управления шаговыми гидродвигателями позволяет осуществить регулирование передаточного отношения цепей обката (деления) зубообрабатывающих станков на обработку изделий с произвольно заданным числом зубьев.

Список литературы:

1. **Трифонов О. Н., Ванин В. А.** «Гидравлический вал» в приводе металлорежущих станков // Гидравлические системы металлорежущих станков: Межвузов. сб. науч. тр. Вып. 4 / Под ред. О.Н. Трифонова. - М.: Станкин. 1979. С. 178 - 184.
2. **Пневматическая** (струйная) система управления гидравлической цепью обката зуборезного станка: Пат. 2229364 РФ: МКИ 7В23F9/12, В23Q15/00.
3. **Ванин В. А., Евлампиев С. В.** Струйная система управления внутренней гидравлической связью зубодолбежного станка // Техника машиностроения. 2002. №2. С. 14-19
4. **Струйные** логические элементы и устройства программного управления станками и промышленными роботами. Каталог. - М.: Из-во НИИМАШ, 1979. - 72 с.
5. **Гидравлический** шаговый двигатель: А. С. СССР 297089 МКИ F15B15/08, F03C1/06.

Работа выполнена под руководством д.т.н., профессора кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты», Заслуженного изобретателя РФ Ванина В. А.

ВАРИАНТЫ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ МИКРОПОДАЧИ В ГИДРАВЛИЧЕСКОМ ПРИВОДЕ

Меры, направленные на повышение точности характеристик станков с ЧПУ, весьма разнообразны и, в частности, связаны с повышением точности изготовления и сборки станков, уменьшением дискретности перемещений подвижных узлов, снижением вибраций и тепловых деформаций, применением высокоточных отсчетно-измерительных устройств и т.д. Однако никакие меры не в состоянии обеспечить требуемую точность станков без привода, способного осуществлять необходимые точные управляемые перемещения исполнительных узлов.

Для точного позиционирования узлов станка необходимо наряду с ускоренными перемещениями на значительные расстояния иметь возможность осуществления микроперемещений. При этом достижение требуемой точности позиционирования обусловлено, главным образом, способностью привода осуществлять на конечном этапе позиционирования минимальные единичные управляемые перемещения.

Наиболее подходящим для реализации этих условий является гидравлический привод. Он имеет известные преимущества по сравнению с другими типами приводов: большую выходную мощность при малых габаритах, легкость бесступенчатого регулирования скорости в широких пределах, возможность работать в следящей системе, простота в конструктивном отношении, возможность вынесения источника тепла из рабочей зоны и т. д.

В гидравлических механизмах микроподачи перемещаемый узел непосредственно связан с движущимся цилиндром или штоком поршневого гидродвигателя, а так как скорость движения поршневого гидродвигателя прямо пропорциональна расходу рабочей жидкости и обратно пропорциональна полезной (рабочей) площади поршня, то для получения возможно меньшей скорости перемещения необходимо уменьшать расход рабочей жидкости и увеличивать диаметр цилиндра. При этом точное дозирование малых расходов жидкости, питающих гидродвигатель, производят дроссельным или объемным способами. Чем меньше стабильные расходы достигаются данными способами, тем лучших результатов можно добиться в осуществлении микроподачи и сокращения габаритных размеров гидроцилиндров.

Дроссельное регулирование при всей своей простоте осуществления имеет ряд недостатков, ограничивающих его применение для получения микроподачи, а именно: трудность в достижении высокой жесткости гидросистемы; большие и непостоянные тепловыделения в про-

цессе дроссельного регулирования, изменяющие свойства рабочей жидкости (например: сжимаемость, вязкость) и расход; влияние нагрузки, воспринимаемой штоком, на расход жидкости, а следовательно, и на скорость гидродвигателя; низкая разрешающая способность по минимальному расходу (распространенные конструкции дросселей с регуляторами надежно обеспечивают расход жидкости не менее $1,17 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$); необходимость отверстий и щелей малого проходного сечения, что приводит к облитерации ("зарастиванию" малых отверстий и щелей поляризованными молекулами) и их простому механическому засорению.

Существует ряд мер по устранению и уменьшению проявления указанных отрицательных факторов. Так, для повышения стабильности малых расходов жидкости, увеличения жесткости гидросистемы и лучшего теплообмена дросселирующие устройства рекомендуется устанавливать в сливной магистрали; для поддержания постоянной температуры рабочей жидкости производят ее искусственный подогрев в резервуаре или в дросселе с встроенным нагревателем; влияние переменной нагрузки на нестабильность расхода жидкости и скорость гидродвигателя устраняют применением дроссельных регуляторов с гидравлическим редуктором; тщательная фильтрация рабочей жидкости, разрушение слоя поляризованных молекул непрерывным относительным движением поверхностей, образующих рабочую щель, и другие меры позволяют хотя путем и усложнения конструкции привода преодолеть трудности с облитерацией и засорением и довести минимальный расход жидкости до $(0,05 \dots 0,083) \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$; зависимость расхода от температуры и засорений может быть уменьшена с увеличением пропускной способности дросселя путем применения гидропривода с дифференциальным гидроцилиндром и т.д. Однако следует заметить, что все перечисленные меры не могут полностью устранить недостатки дроссельного способа регулирования.

В отношении получения устойчивых расходов рабочей жидкости положительные результаты дают дискретные системы в которых постоянное открытие рабочей щели малой площади заменяется кратковременными открытиями рабочей щели значительно большей площади, т.е. постоянный расход малой величины заменяется импульсами сравнительно большого расхода при неизменном общем количестве рабочей жидкости, подаваемой в исполнительный двигатель. Изменяя амплитудное значение импульсного расхода, частоту подачи импульсов и их длительность, можно регулировать скорость движения поршня гидроцилиндра. При дискретном способе регулирования дроссель работает в режиме, близком к насыщению, что дает возможность стабильной подачи жидкости. Кроме того, отпадает необходимость тонкой очистки

рабочей жидкости и борьбы с облитерацией. Принцип дискретного регулирования в своей основе шире других методов и открывает большие возможности для построения приводов микроподачи.

Объемный способ регулирования подачи рабочей жидкости лишен многих недостатков, присущих дроссельному регулированию, и обеспечивает стабильные расходы жидкости до $(3,3...5) \cdot 10^{-8}$ м³/с. При объемном способе регулирование расхода жидкости осуществляется с помощью насосов с механизмами изменения расхода, путем бесступенчатого регулирования частот вращения насоса или его рабочего объема. Обычно в качестве регуляторов применяют поршневые насосы с регулированием рабочего объема изменением угла наклона ведущего диска, с помощью которого изменяется величина хода поршней.

При данном способе регулирования утечки жидкости являются основной причиной, препятствующей получению малых расходов, и в особенности при значительных колебаниях нагрузки и вязкости масла. Устранение утечек путем чрезмерного уменьшения зазоров в местах уплотнения нецелесообразно из-за возможности заедания движущихся частей при температурных колебаниях и повышенного износа. Для увеличения точности и стабильности предельно малых расходов жидкости при объемном регулировании применяют дифференциальные регуляторы расхода или другие специальные устройства и схемы, позволяющие компенсировать или уменьшать утечки жидкости и получить относительное постоянство расхода жидкости при изменяющейся рабочей нагрузке. Для устранения утечек там, где это позволяет в приводе вместо обычных гидроцилиндров применяют элементы типа сильфонов, мембран и другие элементы, устраняющие утечки.

*Работа выполнена под руководством к.т.н. доц. кафедры
«Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты»
Лучкина В. К.*

Шереметьев А. В.

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ КОНТУРОШЛИФОВАЛЬНОГО ПОЛУАВТОМАТА С ЧПУ МОД. МА396Ф3

Основными специфическими показателями станков с числовым программным управлением (ЧПУ) являются точность линейного позиционирования их исполнительных органов и точность воспроизведения перемещений в процессе обработки изделия, заданных управляющей программой.

Точность позиционирования обусловлена главным образом разрешающей способностью привода подач по осуществлению на конечном этапе движения минимальных величин управляемых перемещений.

Точность воспроизведения управляемых перемещений в процессе обработки изделия зависит от многих факторов. Один из них – дискретность – минимальное перемещение, осуществляемое приводом подач станка с ЧПУ, на один управляющий импульс.

Контурошлифовальный полуавтомат с ЧПУ модели МА396Ф3 предназначен для контурного шлифования наружных и внутренних поверхностей сложной формы с прямолинейной образующей (например, поверхностей статоров насосов, кулачков, шаблонов, штампов и т. п.). Для обработки сложных поверхностей на станке предусмотрены устройства для точного определения исходного положения координатных узлов, автоматическая компенсация и правка круга, повышенная жесткость станка. Станок оснащен устройством ЧПУ типа Н55-1 с линейно-круговой интерполяцией, которое обеспечивает расчет эквидистантного профиля, расчет законов разгона и торможения и т. д.

Станок имеет вертикальную компоновку с горизонтальным крестовым столом и салазками. Координатные перемещения стола по оси X и салазок по оси Y осуществляются соответственно от шаговых двигателей ШДХ и ШДУ с гидроусилителями Гх и Гу через червячные редукторы и шариковые винтовые пары. Шаговые двигатели с учетом передаточного отношения цепи подачи обеспечивают дискретность перемещения 0,005 мм по каждой оси.

Одно из решений, связанных с повышением точности полуавтомата, является изменение конструкции привода подач, с целью уменьшения дискретности программируемых перемещений.

Это может быть достигнуто применением привода микроперемещений и микроподач, в котором путём редукции перемещений, осуществляемых обычным шаговым приводом, получена в несколько раз меньшая дискретность. Такая редукция достигается путём встройки

дополнительного звена в виде сифонного гидроцилиндра и сифонного дозатора между шаговым двигателем и исполнительным узлом (рис 1).

Привод обеспечивает как необходимые рабочие и ускоренные движения рабочего узла, так и движения микроперемещений.

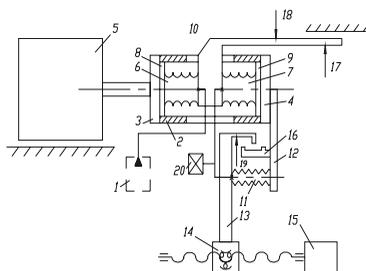


Рис. 1. Привод микроподач и микроперемещений

Работает привод следующим образом. При заправке рабочей жидкостью гидролинии с сифонами 7 и 13 через затвор 21 и подаче под определённым давлением рабочей жидкости в силовой сифон 6 центральная подвижная стенка 11 устанавливается строго в среднее положение (кронштейн 14 также устанавливается в среднее положение относительно ограничителя 17).

Для осуществления приводом ускоренного (или любого рабочего) перемещения зажим 17 освобождается, а фиксаторы 18 и 19 зажимаются, в результате чего исполнительный узел 5, сифонный гидроцилиндр, кронштейны 12 и 13 перемещаются как одно целое от реверсивного шагового двигателя 15 через шариковую винтовую пару качения 14. По окончании ускоренного (или рабочего) перемещения включается зажим 17, фиксирующий достигнутое положение сифонного гидроцилиндра, а следовательно, и исполнительного узла 5, а зажимы 18 и 19, фиксирующие положение средней подвижной стенки 10 и кронштейна 13 относительно цилиндра 2, освобождаются, что делает привод готовым к осуществлению микрошаговых перемещений.

При задании двигателем 15 шаговых перемещений кронштейну 13 влево дозирующий сифон 11 начинает разжиматься, отбирая из сифона 7 порции рабочей жидкости с частотой следования шагов, т.е. с частотой управления, и объёмом, определяемым величиной единичного перемещения кронштейна 13 и площадью поперечного сечения дози-

рующего сиффона 11. Каждая отобранная из сиффона 7 порция жидкости уменьшает в нём давление, нарушая равновесие давлений в сиффонах 6 и 7, что вызывает под действием постоянного давления питания в сиффоне 6 микрошаговое перемещение цилиндра 2, а вместе с ним и исполнительного узла 5, в сторону устранения нарушенного равновесия, т.е. в данном случае влево. Аналогично осуществляется движение и вправо.

После завершения микрошаговых перемещений положение исполнительного узла 5 фиксируется зажимами 18 и 19.

Для возврата центральной подвижной стенки 10 в среднее (исходное) положение зажим 17 освобождается, центральная подвижная стенка 10 под действием уравнивания давлений в сиффонах 6 и 7 устанавливается строго в среднее положение. Далее привод готов к повторению цикла.

Таким образом, привод позволяет осуществлять ускоренные (рабочие) перемещения на большие расстояния, произвольно изменять величину, скорость и направление микрошаговых перемещений. Кроме того, конструкция предлагаемого привода незначительно усложняет конструкцию полуавтомата, что даёт хорошие перспективы его использования.

Список литературы:

1. Патент РФ № 2073128. Лучкин В. К. Гидропривод микрошаговых перемещений. -1996. – БИ №8.
2. Боровский Г.В., Белостоцкий В. Л. Профильное шлифование. Л:Машиностроение. - 1987. 169 с.

*Работа выполнена под руководством к.т.н. доц. кафедры
«Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты»
Лучкина В. К.*

ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ С ВИНТОВЫМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ ПЕРЕМЕННОГО ШАГА

Специальные винты с переменным шагом применяются в ряде отраслей с целью перемещения определенной массы с последующим ее уплотнением в процессе перемещения и приданием ей требуемой формы, например в резиновой промышленности (кабели, шланги, оболочка), в пищевой промышленности (макаронеры), в промышленности пластических масс.

Основным устройством, удовлетворяющим этому требованию, является конвейер (шнек) с переменным шагом, обеспечивающий уплотнение материала в осевом направлении. Имеются другие конструкции винтов с переменным шагом, предназначенных для передачи движения ползуну с переменной скоростью при равномерном вращении винта. В связи с отсутствием до последнего времени достаточно производительных методов изготовления винтовых поверхностей с переменным шагом их заменяют:

- 1) винтовыми поверхностями постоянного шага;
- 2) составными секциями, причем каждая секция имеет постоянный шаг, но величина шага для всех секций различна;
- 3) винтовыми поверхностями с постоянным шагом и переменной глубиной так называемыми коническими конвейерами (шнеками). Следует отметить, что работа на таких конвейерах имеет тот недостаток, что уплотнение перемещаемой массы происходит главным образом в радиальном направлении, и таким образом значительно затрудняется перемещение массы.

Характерными примерами винтов с переменным шагом являются винты с наружной нарезкой для червячных прессов, для стационарных пневматических питателей, для пластикаторов и т. д. [1]

Вне зависимости от функционального назначения с геометрической точки зрения можно рассматривать четыре типа винтов:

- 1) винты с постоянным шагом и постоянной глубиной;
- 2) винты с постоянным шагом и переменной глубиной;
- 3) винты с переменным шагом и постоянной глубиной;
- 4) винты с переменным шагом и переменной глубиной.

Рассмотрим оборудование, предназначенное для изготовления винтов последних трех типов.

Компоновка станка, показанного на рис. 1, обеспечивает обработку винтов с переменной глубиной при постоянном шаге и постоянной глу-

биной при переменном шаге. Сущность этой машины заключается в том, что суппорт поперечной подачи получает скорректированную подачу, обеспечивающую изменение глубины в зависимости от линейного перемещения режущего инструмента вдоль образующей обрабатываемого винта. Закон корректирования глубины может быть линейным и нелинейным. Форма впадины зависит от формы режущего инструмента.

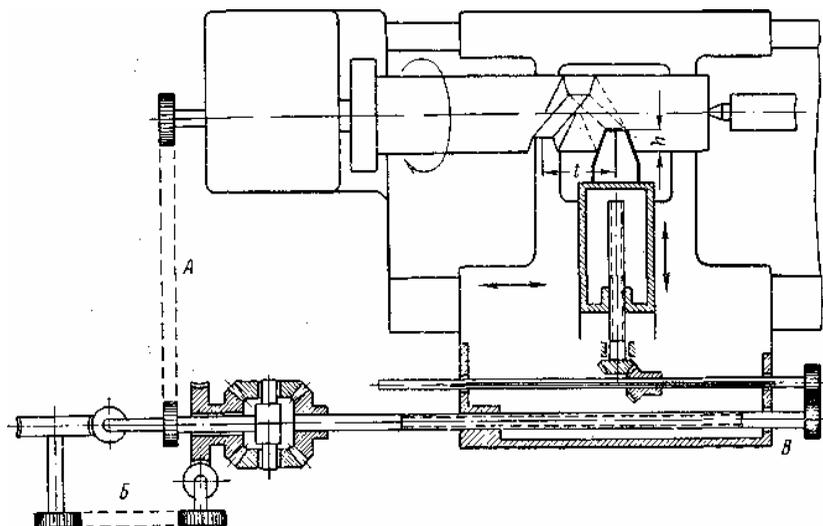


Рис. 1. Компоновка станка для обработки винтов с переменным шагом

Резьба		Сменные колеса		
шаг t	глубина h	А	Б	С
постоянный	постоянная	+	-	-
постоянный	переменная	+	-	+
переменный	постоянная	+	+	-

Наиболее сложной задачей является решение компоновки станка для обработки винта с переменным шагом и постоянной глубиной. Одним из решений может быть использование в кинематической схеме дифференциального устройства, вводящего постоянную, как правило, все увеличивающуюся по шагу коррекцию. Наклон винтовой линии получается в результате сложения постоянного наклона от обычного

ходового винта и добавочного поворота ходового винта в результате дополнительного движения от копира через дифференциал.

Не менее сложной является компоновка станка для обработки винта с переменным шагом и переменной глубиной. Соединение преимуществ устройств, описанных в предыдущих двух примерах, дает возможность решить конструкцию такого станка. Следует отметить, что в настоящее время весьма успешно решаются задачи модернизации различного станочного оборудования и подобные решения весьма целесообразны. Обработка винтов с переменным шагом осуществляется часто введением дополнительной цепи подач с дифференциалом, присоединяемой к коробке подач токарного станка.

При нарезании винтов с переменным шагом исполнительное движение инструмента происходит по винтовой линии, имеющий неравномерный шаг. Такая резьба не может характеризоваться ходом t винтовой линии. При конструировании резьбы обычно задаются начальным шагом t_1 , постоянной резьбы Δ или длиной нарезанной части резьбы ℓ и радиусом r цилиндра. На основании заданных величин определяются конечные шаги t_n и число витков n резьбы [2].

В таких станках сложное формообразующие движения составляются из нескольких элементарных движений, но из них одно - обязательно неравномерное; закон изменения скорости этого движения определяется условиями образования требуемой поверхности.

Неравномерное движение чаще всего получают суммированием равномерного движения с неравномерным, применяя суммирующий механизм и дополнительную внутреннюю кинематическую цепь, которая преобразует равномерное движение в неравномерное.

Основным недостатком резьбофрезерного станка является большая протяженность внутренних механических цепей, и это приводит к уменьшению точности станка и обрабатываемых на нем изделий.

Предлагается новый подход к проблеме сокращения протяженности внутренних кинематических цепей станка и повышение его точности, который заключается в применении гидравлических связей во внутренних цепях станка на основе гидравлического шагового привода.

На рис. 2. представлена структурная схема резьбонарезного станка для нарезания цилиндрических винтовых поверхностей переменного шага[3].

Станок включает в себя заготовку 6, получающую вращение от электродвигателя Д через звено настройки i_v и связанную винторезной цепью с инструментом 8, установленным в верхних салазках 9 суппорта. Продольное перемещение режущего инструмента осуществляется от гидравлического шагового двигателя 2, кинематически связанного с ходовым винтом 12 продольной подачи суппорта 7 и управляемого

генератором 4 гидравлических импульсов, золотниковая втулка которого вращается от зубчатого колеса 5, закрепленного на шпинделе заготовки 6.

Дополнительное перемещение инструмент получает от шагового гидродвигателя 13, кинематически связанного посредством червячной передачи 14 с суммирующим механизмом 15 в виде дифференциала с коническими колесами и управляемого от генератора 10 гидравлических импульсов, золотниковая втулка которого получает вращение от зубчатого колеса 11, закрепленного на ходовом винте 12 продольного перемещения суппорта. Рабочая жидкость к генераторам гидравлических импульсов поступает от насосной установки 1 по трубепроводам 3.

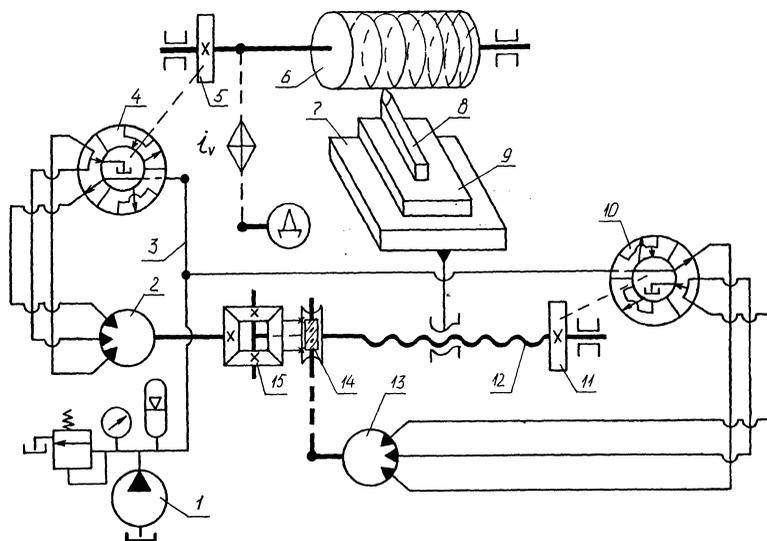


Рис. 2. Схема резьбонарезного станка с гидравлическими связями для нарезания винтовых поверхностей переменного шага

Эффективность применения гидравлических связей во внутренних цепях станков на основе шагового гидропривода заключается в том, что:

- сокращается количество промежуточных звеньев, составляющих внутреннюю кинематическую цепь, что существенно упрощает схему станка;
- улучшается технологичность конструкции внутренней цепи, а следовательно, и всего станка за счет создания более рациональной

компоновки при сложном пространственном расположении рабочих органов станка;

- уменьшается металлоемкость и масса станка [4];

Используя высокие компоновочные свойства гидравлического шагового привода представляется возможным применить принципиально новый подход к построению внутренних кинематических цепей, требующих точного взаимосвязанного движения заготовки и инструмента, используя для этого гидравлические связи и осуществить на их основе агрегатно-модульный принцип построения внутренних цепей металлорежущих станков.

Список литературы:

1. Дружинский И. А. Методы обработки сложных поверхностей на металлорежущих станках. М.-Л.: Машгиз, 1955. 316 с.; 2-е изд., 1961. 488 с.; 3-е изд., 1965. 600 с.

2. Расчет червяков с переменным шагом и нарезание их на универсальном оборудовании/И.В. Васильев А.В. Носов.- НИИхиммаш Технологические процессы в химическом машиностроении (вып. 26)., М 1958, с.3-15.

3. Патент РФ №2142866 6В23 В5/46 по заявке № 97118984/02 от 19.11.97. Станок для нарезания винтовых поверхностей переменного шага./Ванин В.А., Баркалов Д.Ю./ Оpubл. БИ 1999, №35.

4. Разработка дискретного гидропривода станка /Зубчанинов Д.А., Шапкин С.А. – Сборник статей магистрантов (вып.1), 2005, с.13 - 16.

*Работа выполнена под руководством к.т.н. доц. кафедры
«Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты»
Лушкина В. К.*

Информационные системы технологических машин

Мокрозуб В. Г., Корнилов А. В.

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИВОДА ЕМКОСТНОГО АППАРАТА С ПЕРЕМЕШИВАЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ

В настоящее время требуется быстро реагировать на любые изменения, происходящие на рынке, т.е. постоянно менять номенклатуру выпускаемых изделий или совершенствовать существующие модели. Быстрое проектирование невозможно без использования современных информационных технологий.

Основным аппаратом в многоассортиментных малотоннажных химических производствах является емкостной аппарат с перемешивающим устройством. Качество перемешивания среды в аппарате определяется характеристиками привода, который собирается из стандартных и нестандартных элементов: мотор-редуктора, вала, муфты, стойки, подшипников, уплотнительного устройства, мешалки.

Исходными данными при проектировании привода являются тип мешалки, частота ее вращения и мощность перемешивания, найденные из гидродинамического расчета. Проектирование заключается в подборе таких вариантов исполнения привода, которые удовлетворяют исходным данным, и выборе из этих вариантов наиболее предпочтительного с точки зрения некоторого критерия эффективности. Результатом проектирования является спецификация, сборочный чертеж и чертежи деталей привода.

В настоящее время на кафедре АПТО, ТГТУ разрабатывается учебно-промышленная система автоматизированного проектирования химического оборудования РИК-ХИМ. В систему РИК-ХИМ входит

множество компонентов, одним из которых является «Система проектирования привода емкостного аппарата с перемешивающим устройством».

Процесс проектирования привода может быть разбит на следующие этапы:

- выбор мотор-редуктора или его проектирование
- расчет и проектирование вала;
- выбор стойки, подшипников, корпусов и крышек подшипников
- выбор муфты;
- выбор уплотнительного устройства.

Структура разрабатываемой системы представлена на рисунке 1.



Рис. 1

Обмен данными между модулями осуществляется через единое информационное пространство, включающее в себя базы данных стандартных элементов (муфты, уплотнения, подшипники и т.д.), результаты работы отдельных модулей (база проекта).

Исходными данными для выбора мотор-редуктора являются мощность на перемешивание и частота вращения выходного вала.

Расчет вала проводится по РДРТМ 26-01-72-82.

Стойка с подшипниками выбираются в зависимости от конструкции аппарата и типа установки вала (консольного или однопролетного). По ОСТ 26-01-109-85 стойки в сборе с подшипниками изготавливаются нескольких типов и исполнений для различных объемов, давления в корпусе аппарата и предполагаемого типа уплотнительного устройства.

Уплотнительное устройство выбирается исходя из частоты вращения и диаметра герметизируемого вала, а также рабочих условий (температуры, давления) и свойств среды в аппарате (токсичности, взрывоопасности и др.).

Основой для проектирования привода является информационно-логическая модель (ИЛМ) привода, которая по типу мешалки и скорости ее вращения, позволяет найти все необходимые параметры для изготовления привода, рисунок. 2.

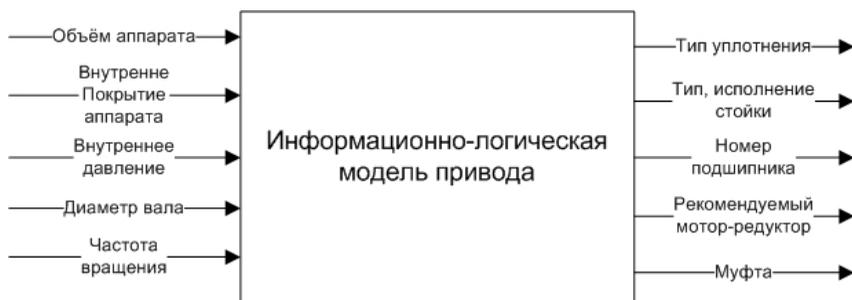


Рис. 2

Фрагмент ИЛМ:

Пусть $T\{t_{i,j}\}$ – множество стоек

$U\{u_i\}$ – множество условий

Тогда:

$t_{1,1}$ – Стойка: Тип 1 Исполнение 1

...

$t_{5,1}$ – Стойка: Тип 5 Исполнение 1

u_1 – Материал аппарата - сталь

u_2 – Внутренне покрытие - есть

u_3 – Объем аппарата – от 1 до 50 м³

u_4 – Объем аппарата - от 0,25 до 2 м³

u_5 – Давление в корпусе аппарата – 0,6 МПа

u_6 – Давление в корпусе аппарата – 1,6 МПа

$$\begin{aligned}u_1 \wedge u_3 \wedge u_6 &\rightarrow t_{2,1} \\u_2 \wedge u_6 &\rightarrow t_{3,1} \vee t_{4,1} \vee t_{5,1} \\u_1 \wedge u_2 \wedge u_4 &\rightarrow t_{2,1} \\&\dots\end{aligned}$$

Учебная составляющая системы, представлена разделом виртуального зала курсового и дипломного проектирования, в сети Интернет по адресу: <http://www.170514.tstu.ru/3d/muff/>, пример представлен на рисунке3.

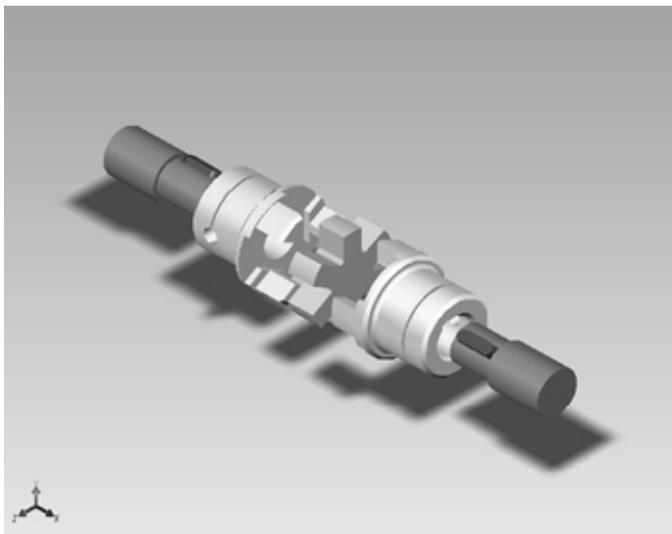


Рис. 3

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. кафедры
«Автоматизированное проектирование технологического оборудования»
Малыгина Е. Н.*

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ АДСОРБЕНТОВ МЕТОДАМИ СКАНИРУЮЩЕЙ ЗОНДОВОЙ МИКРОСКОПИИ

На текущий момент существуют установки, позволяющие прямыми измерениями получить поле поверхностных сил [1,2,3,4]. Принцип действия подобных установок описан в [5].

Общей чертой всех сканирующих зондовых микроскопов (и определяющей их название) является наличие микроскопического зонда, который находится в контакте (не всегда механическом) с исследуемой поверхностью и, в процессе сканирования, перемещается по некоторому участку поверхности конечного размера.

Родоначальником этих методов была туннельная сканирующая микроскопия (STM), созданная в самом начале 1980-х в Цюрихской исследовательской лаборатории IBM Г. Биннигом и Х. Рохером. В 1986 г. они получили за это Нобелевскую премию, хотя саму идею STM предложил еще в 1960 г. И. Джавер. Идея состоит в том, что при наложении некоторой разницы потенциалов между двумя проводящими элементами, разделенными тонким зазором шириной до 10 нм, должен течь так называемый туннельный ток, возникающий при преодолении электронами потенциально непроводящего барьера. Для плотности туннельного тока (в приближении плоских металлических электродов и вакуумного туннелирования) справедлива формула [3]:

$$j_t = \frac{3 \cdot e^2 \cdot k_0}{4ps} U_t \exp(-2k_0s) \quad (1)$$

где e - заряд электрона, h - постоянная Планка, s - расстояние зонд – образец, U_t - разность потенциалов на туннельном контакте, k_0 - константа затухания волновых функций электронов в контакте.

Из анализа формулы (1) следует, что при изменении расстояния зонд – образец на один ангстрем величина туннельного тока изменяется на порядок.

STM применим для исследования поверхности только электропроводящих материалов. Но уже в 1985 г. Г. Бинниг создает микроскоп атомных сил (AFM), позволяющий измерять ультрамалые (менее 1 мкН) силы взаимодействия между иглой и исследуемым объектом, который может быть как проводником, так и изолятором.

Важнейшим узлом этого микроскопа является консоль (рычаг) с иглой, имеющие настолько ультрамалые массу и жесткость, что при взаимодействии кончика иглы с элементами поверхности исследуемого

образца консоль изгибается, и эта деформация точно измеряется датчиками, основанными на токе туннелирования электронов, электрической емкости или оптике. Изгиб измеряется с погрешностью не более $\pm 0,02$ нм, что позволяет измерять силы взаимодействия порядка $0,2 \cdot 10^{-9}$ Н или поверхностное натяжение образца с погрешностью ~ 10 Н/м. Строго контролируемое перемещение образца (или иглы) осуществляется, например, с помощью пьезоэлектрического сканера. По способу движения иглы относительно поверхности можно выделить две основные разновидности сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ).

- Если зонд движется над поверхностью при постоянной координате Z , то говорят, что сканирование осуществляется по способу постоянной высоты. В этом случае в каждой точке из множества $\{X_i, Y_j\}$ измеряется интенсивность рабочего взаимодействия $F_{ij}|_{Z=const}$. Результатом исследования является массив $\{F_{ij}|_{Z=const}, X_i, Y_j\}$, описывающий зависимость функции двух переменных $F|_{Z=const}(X, Y)$.

- Если же система обратной связи фиксирует в процессе сканирования на заданном уровне величину рабочего взаимодействия $A(X, Y, Z)$ вариацией вертикальной Z координаты зонда, то говорят, что сканирование осуществляется по способу постоянного взаимодействия. Результатом работы СЗМ в этом режиме будет массив $\{Z_{ij}|_{A=const}, X_i, Y_j\}$, коррелирующий с топографией исследуемой поверхности. Помимо "топографического" массива, можно, проводя в каждой точке измерения какого-либо дополнительного параметра (или нескольких), получить зависимости вида $G_{ij}|_{A=const}(X_i, Y_j)$.

Таким образом, результатом СЗМ-исследования является получение функциональных зависимостей двух типов: по способу постоянной высоты: $F|_{Z=const}(X, Y)$ и по способу постоянного взаимодействия: $Z|_{A=const}(X, Y)$ ("топография"), плюс какая-либо дополнительная зависимость $G|_{A=const}(X, Y)$. С помощью компьютерного программного обеспечения можно проводить анализ полученных зависимостей (анализ характерных латеральных и вертикальных размеров поверхностных особенностей, построение сечений, Фурье-анализ, оценка шероховатости и т.п.), отображать полученные зависимости на экране монитора и выводить их на принтер.

Многочисленные модификации микроскопа типа AFM в комбинации с STM обеспечивают одновременные измерения энергетического и геометрического профилей на уровне атомного разрешения, отдельные измерения разных типов взаимодействия (за счет наложения электрического или магнитного поля, измерения взаимодействия в зависимости от расстояния, вибрации консоли с измерением резонансной частоты и т.д.). Такие приборы, выпускаемые рядом фирм США, Японии, Франции, Швейцарии, Германии и т.д., позволяют измерять поверхностное натя-

жение твердой фазы, силы адгезии разных материалов, трение и износ, влияние адсорбции и модификации поверхности на взаимодействие. Существуют модификации, предназначенные для измерений в растворах, при довольно высоком давлении инертного или адсорбирующегося газа и т. д. [6]

Основным потребителем таких приборов пока является микроэлектроника, где они уже широко применяются в разработке и производстве микропроцессоров (микроконтроллеров), микросхем памяти и микроэлектромеханических систем (MEMS). Но их использование и в других направлениях науки и техники, связанных с поверхностными явлениями и дисперсными системами, включая синтез и исследования катализаторов, адсорбентов, многими задачами экологии, биологии и т.д. и т.п., может привести к мощному (даже взрывообразному) развитию этих направлений. Возможности, которые открывает использование такой техники, особенно с учетом крайне интенсивного ее развития (все вышперечисленные приборы созданы за последнее десятилетие), невозможно переоценить, так как в этом случае реальность может превзойти самые буйные фантазии.

В нашем случае интерес представляет изучение адсорбентов. Наличие точных топографических полей поверхности и срезов адсорбента позволяют получить представления об их реальной структуре, а поля поверхностных сил – распределение по поверхности и потенциальную энергию активных центров адсорбции. Вся полученная информация может носить, как чисто теоретический характер, вывод эмпирических (теоретико-эмпирических) уравнений зависимости поверхностных сил от координат ($F(X, Y)$), так и практический, т.е. может быть использована как входные данные для математического моделирования динамики и изотерм адсорбции, например методом вероятностного клеточного автомата (ВКА) [7].

Список литературы:

1. Компания “Shimadzu” //http://www.shimadzu-sng.ru
2. Компания “Аналит” //http://www.analit-spb.ru
3. Научно-исследовательское предприятие “Элемент”
//http://www.element.ur.ru
4. Нижегородский государственный университет / Физический факультет //http://spm.unn.runnet.ru
5. Scanning Probe Microscopy Group page
//http://www.spm.genebee.msu.su
6. Фенелонов В.Б. Введение в физическую химию формирования супрамолекулярной структуры адсорбентов и катализаторов.// Новосибирск: Издательство СО РАН, 2002 г., -414 с.

7. Агафонов А.Н., Коньгин С.Б., Попова О.И. Моделирование процессов адсорбции методом вероятностного клеточного автомата (ВКА). / Агафонов А.Н., Коньгин С.Б., Попова О.И. // <http://nit.miem.edu.ru/2003/tezisy/articles/284.htm>

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. кафедры
«Автоматизированное проектирование технологического оборудования»
Туголукова Е. Н.*

Мокрозуб В. Г., Тафинцев А. В.

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОПОР И СТРОПОВЫХ УСТРОЙСТВ ЕМКОСТНЫХ АППАРАТОВ

В настоящее время быстрое изменение ассортимента продукции в соответствии с новыми требованиями рынка – одно из главных условий успешной работы предприятий. Быстро изменять номенклатуру выпускаемых изделий или совершенствовать существующие модели невозможно без использования новых информационных технологий.

Основным аппаратом в многоассортиментных малотоннажных химических производствах является емкостной аппарат. Опорные узлы – одни из основных узлов в таких аппаратах. Несущая способность обечайки от воздействия опорных нагрузок проверяется как на этапе проектирования аппарата, так и на этапе эксплуатации в случае изменения условий эксплуатации.

Расчёт обечайки и днищ от воздействия опорных нагрузок проводится на основе ГОСТ 26202-84 “Нормы и методы расчёта на прочность обечайки и днищ от воздействия опорных нагрузок”.

В настоящее время на кафедре АПТО ТГТУ разрабатывается учебно-промышленная система автоматизированного проектирования химического оборудования РИК-ХИМ. В систему РИК-ХИМ входит множество компонентов, одним из которых является «Система автоматизированного проектирования опор и строповых устройств», структура которой представлена на рис 1:

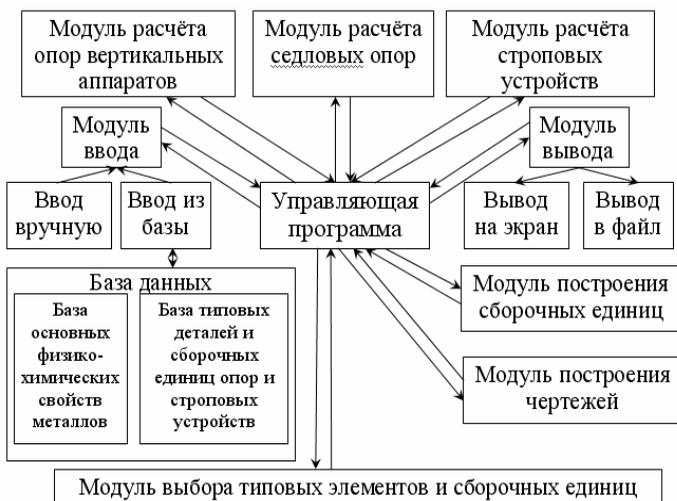


Рис. 1

Основные функции системы:

- выбор типа опоры или стропового устройства;
- расчёт несущей способности обечаяек и днищ;
- построение чертежей опорных и строповых устройств;

Управляющая программа в зависимости от исходных данных определяет последовательность вызова определённых модулей и вызывает их.

Модуль расчёта на основании исходных данных таких, например, как количество лап, вес аппарата, диаметр аппарата, толщина стенки аппарата, добавочная прибавка к толщине стенки аппарата, давление в аппарате, материал аппарата производит расчёт на определение расчетных величин, таких как усилие действующее на опорную лапу, общего окружного мембранного напряжения, предельного напряжения изгиба, несущей способности обечайки в месте приварки опорного или стропового устройства, определение необходимости подкладного листа.

Информационная база включает в себя базу данных основных физико-механических свойств металлов, необходимых для расчётов и базу типовых деталей и сборочных единиц опорных и строповых устройств.

Пример элементов графической базы представлены на рис. 2:

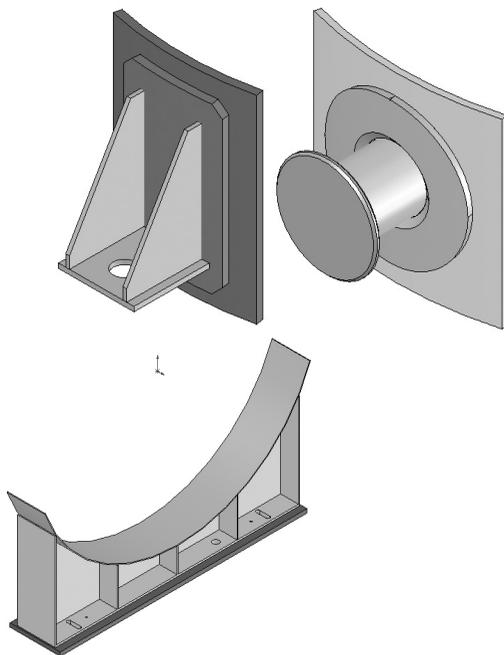


Рис. 2

Модуль построения чертежей строит с помощью информационно-логической модели по полученным в расчётах данным сборочный чертёж и чертежи деталей опор и строповых устройств.

В настоящее время система проходит тестирование в рамках учебного процесса на кафедре АПТО.

Учебная интернет-составляющая системы представлена в Виртуальном зале курсового и дипломного проектирования по адресу: <http://www.170514.tstu.ru/3d/opori/>.

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. кафедры
«Автоматизированное проектирование технологического оборудования»
Малыгина Е. Н.*

ОПТИМИЗАЦИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ГРУНТОВЫХ ИСПАРИТЕЛЕЙ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

Постановка и решение задач оптимизации на этапах проектирования и конструирования технических систем обеспечивают достижение наилучшей эффективности использования энергетических и материальных ресурсов.

Выбор вида критерия оптимальности является одним из самых ответственных моментов при постановке и решении задачи оптимизации теплообменного оборудования, так как от него зависит направленность расчета и результаты выбора окончательного варианта.

Наиболее полезным и надежным критерием оптимизации при выборе теплообменных аппаратов традиционно принято считать универсальный технико-экономический показатель – приведенные затраты Π :

$$\Pi = E \cdot K + \mathcal{E} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где K – капитальные затраты; \mathcal{E} – эксплуатационные затраты; E – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений.

В случае оптимизации горизонтальных грунтовых испарителей тепловых насосов универсальный технико-экономический показатель несколько упрощается: нет необходимости учета в критерии оптимизации эксплуатационных затрат. Это объясняется особенностями рассматриваемой системы: количество полезной теплоты (тепла, отдаваемого потребителю) в 3 – 4 раза превышает количество энергии, затрачиваемой на работу компрессора.

Размеры горизонтального грунтового испарителя теплового насоса, необходимые для обеспечения отбора требуемой тепловой мощности из грунта, являются решением следующей задачи оптимизации.

Найти такие значения конструктивных параметров горизонтального грунтового испарителя теплового насоса:

- внутреннего диаметра трубы d ;
 - длины трубы L ;
 - глубины укладки трубы горизонтального грунтового испарителя h ,
- при которых его работа будет сопровождаться минимальным использованием материальных ресурсов, т.е. при которых критерий оптимальности (сумма капитальных затрат) будет минимальным:

$$KO = f(d, L, h) = E_m + E_r + E_x \quad (2)$$

и выполняются следующие ограничения и уравнение связи:

$$0,1 \leq d \leq 0,3; \quad (3)$$

$$1,5 \leq h \leq 5; \quad (4)$$

$$L > 0; \quad (5)$$

$$L = f_1(Q, t_{c1}, t_{c2}, d, h), \quad (6)$$

где $E_m = f_2(d, L)$ – фактор, учитывающий металлоемкость аппарата;

$E_r = f_3(L, h)$ – фактор, учитывающий стоимость строительных работ;

$E_x = f_4(d, L)$ – фактор, учитывающий стоимость рабочего вещества;

Q – требуемый теплосъем из грунта;

t_{c1} – температура испарения рабочего вещества;

t_{c2} – температура отдаленных слоев грунта.

Для решения поставленной задачи оптимизации горизонтального грунтового испарителя теплового насоса был выбран метод сеток, который может быть реализован как многомерный поиск экстремума целевой функции, в частности – двумерный поиск. Он требует предварительного определения множества допустимых значений аргументов и использует стратегию отсечения его неперспективных подмножеств. Диапазоны изменения определяемых величин выбираются исходя из реальных условий.

Минимальная глубина укладки труб горизонтального грунтового испарителя составляет 1,5 метра. Это объясняется тем, что глубина проникновения суточных колебаний температуры наружного воздуха и интенсивности падающей солнечной радиации в зависимости от конкретных почвенно-климатических условий колеблется в пределах от нескольких десятков сантиметров до полутора метров.

Верхняя граница диапазона выбрана исходя из экономических соображений. Очевидно, что при увеличении глубины траншеи стоимость строительных работ, связанных с ее рытьем, значительно возрастает, что, в свою очередь, приводит к росту общей стоимости системы.

На основе балансных соотношений можно сделать вывод о том, что минимальное значение диаметра трубы горизонтального грунтового испарителя составляет 0,1 метра. При меньших значениях диаметра для заданного расхода рабочего вещества значительно увеличивается скорость хладагента, что, в свою очередь, ведет к росту гидравлических сопротивлений и, соответственно, требует больших затрат энергии на работу компрессора.

Алгоритм решения поставленной оптимизационной задачи представлен на рис.1. На основе этого алгоритма разработана расчетная программа, тестирование которой проводилось для условий, представленных в таблице 1.

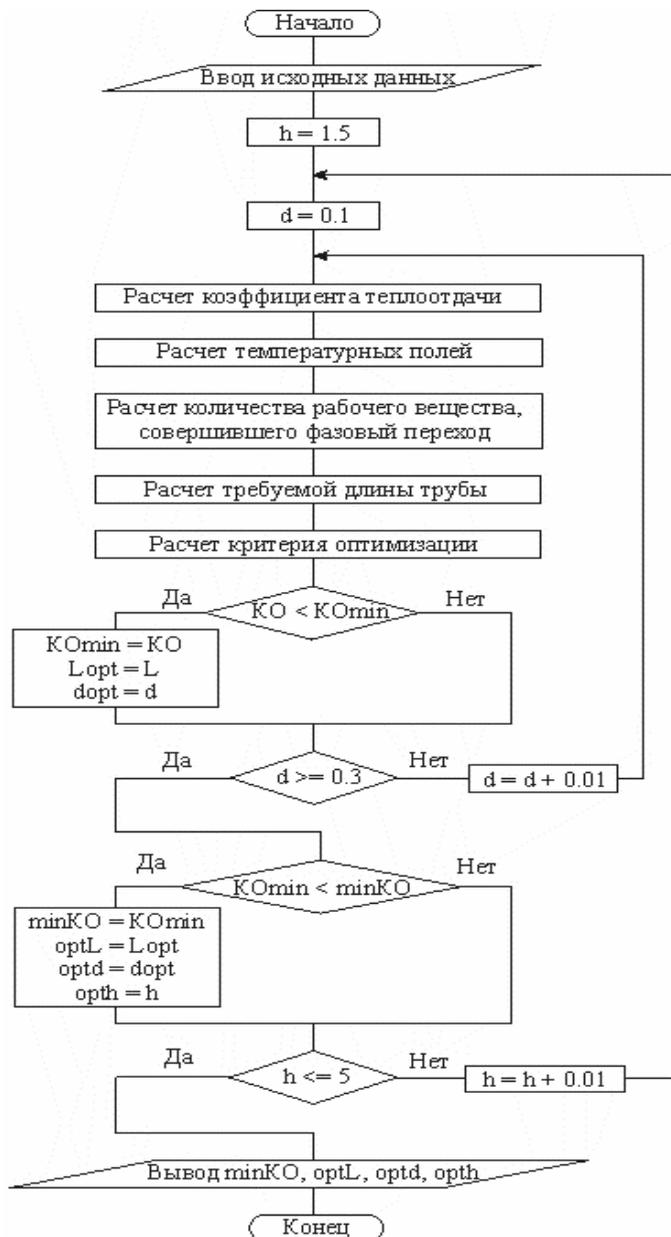


Рис. 1. Алгоритм решения задачи оптимизации горизонтального грунтового испарителя теплового насоса

Таблица 1

Условия расчета

№	Наименование параметра	Обозначение, единицы измерения	Значение параметра		
1.	Обогреваемая площадь помещения	$S, [м^2]$	100	120	150
2.	Требуемая мощность отопления на единицу площади	$q, [кВт/м^2]$	0.1		
3.	Общая требуемая мощность отопления	$Q, [кВт]$	10	12	15
4.	Тепловая мощность, отбираемая из грунта	$Q_g, [кВт]$	8	9.6	12
5.	Мощность, затрачиваемая на работу компрессора теплового насоса	$N, [кВт]$	2	2.4	3
6.	Коэффициент трансформации (отношение теплопроизводительности теплового насоса к мощности, затрачиваемой на работу компрессора)	$K = Q/N$	5		
7.	Температура источника низкопотенциальной тепловой энергии (температура грунта)	$t_g, [°C]$	4		
8.	Наименование промежуточного рабочего вещества	–	Хладон R – 12		
9.	Расход жидкого рабочего вещества	$G_x, [кг/с]$	0.06	0.07	0.09
10.	Температура рабочего вещества в испарителе теплового насоса	$t_x, [°C]$	– 30		
11.	Давление рабочего вещества в испарителе теплового насоса	$p_x, [ат]$	1		
12.	Температура рабочего вещества в конденсаторе теплового насоса	$t_{1x}, [°C]$	40		
13.	Давление рабочего вещества в конденсаторе теплового насоса	$p_{1x}, [ат]$	10		

Результаты решения задачи оптимизации горизонтальных грунтовых испарителей тепловых насосов, используемых для обогрева помещений различной площади, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты оптимизации

№	Наименование параметра	Обозначение, единицы измерения	Значение параметра		
1.	Обогреваемая площадь помещения	$S, [м^2]$	100	120	150
2.	Минимальные суммарные затраты	$KO, [тыс. руб.]$	179.49	215.39	269.23
3.	Оптимальный внутренний диаметр трубы горизонтального грунтового теплообменника	$d, [м]$	0.1	0.1	0.1
4.	Оптимальная требуемая длина трубы горизонтального грунтового теплообменника	$L, [м]$	80.72	96.86	121.08
5.	Оптимальная глубина укладки трубы	$h, [м]$	1.5	1.5	1.5

Поскольку в ходе работы предложенной программы по каждому из варьируемых параметров выявлено отсутствие экстремального характера изменения комплексного критерия, повторного варьирования значений независимых переменных не требуется, а оптимальные значения конструктивных параметров являются граничными в допустимых областях их изменения.

Таким образом, оптимальный вариант конструктивных параметров соответствует значениям, лежащим на нижних границах диапазонов изменения искомых характеристик.

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. кафедры
«Автоматизированное проектирование технологического оборудования»
Малыгина Е. Н.*

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ГРУНТОВЫХ ИСПАРИТЕЛЕЙ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

Для описания процессов, протекающих в грунтовых испарителях, используемых в системах теплоснабжения с тепловыми насосами, необходимо разработать математическую модель температурных полей стенок аппарата и прилежащего (рабочего) слоя грунта.

Моделирование температурных полей в теплообменном оборудовании можно осуществлять на основе решения линейных дифференциальных уравнений теплопроводности для системы элементов, определяющих условия протекания теплового процесса. Эти уравнения допускают аналитические решения.

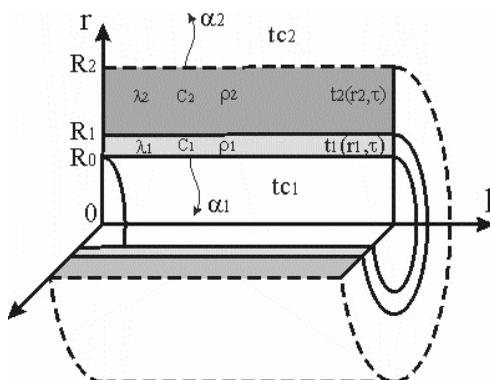


Рис. 1. Двухслойный неограниченный полый цилиндр

На рис. 1. представлен участок трубы горизонтального грунтового испарителя и слой окружающего ее грунта. Они образуют двухслойный неограниченный полый цилиндр, для которого задача теплопроводности может быть представлена системой дифференциальных уравнений в частных производных (1) – (5):

$$\frac{\partial t_i(r_i, \tau)}{\partial \tau} = a_i^2 \cdot \left(\frac{\partial^2 t_i(r_i, \tau)}{\partial r_i^2} + \frac{1}{r_i} \cdot \frac{\partial t_i(r_i, \tau)}{\partial r_i} \right), \quad (1)$$

$$i = 1, 2; \quad R_{i-1} \leq r_i \leq R_i; \quad \tau > 0.$$

Начальное условие:

$$t_i(r_i, 0) = f_i(r_i). \quad (2)$$

Граничные условия III рода:

$$\lambda_1 \frac{\partial t_1(R_0, \tau)}{\partial r_1} + \alpha_1 (t_1(R_0, \tau) - t_{c1}) = 0; \quad \alpha_1 < 0. \quad (3)$$

$$\lambda_2 \frac{\partial t_2(R_2, \tau)}{\partial r_2} + \alpha_2 (t_2(R_2, \tau) - t_{c2}) = 0; \quad \alpha_2 \geq 0. \quad (4)$$

Граничные условия на стыке слоев:

$$t_1(R_1, \tau) = t_2(R_1, \tau); \quad \lambda_1 \frac{\partial t_1(R_1, \tau)}{\partial r_1} = \lambda_2 \frac{\partial t_2(R_1, \tau)}{\partial r_2}. \quad (5)$$

Где $t_i(r_i, \tau)$ – поле распределения температур по радиусу трубы и в прилежащем слое грунта; r_i – пространственная координата; τ – время; R_0 – координата внутренней поверхности стенки трубы; R_1 – координата наружной поверхности стенки трубы; R_2 – координата внешней границы слоя прилежащего грунта; a_i – коэффициент температуропроводности i -ого слоя; λ_i – коэффициент теплопроводности i -ого слоя; α_1, α_2 – коэффициенты конвективной теплоотдачи соответственно от стенки трубы теплообменного аппарата к рабочему веществу, от слоя прилежащего грунта к нерабочему слою; t_{c1} – температура рабочего вещества; t_{c2} – температура отдаленных (нерабочих) слоев грунта.

Решение этой задачи целесообразнее представить в виде суммы стационарной и нестационарной составляющих:

$$t_i(r_i, \tau) = S_i(r_i) + P_i(r_i, \tau), \quad i = 1, 2. \quad (6)$$

Такой подход позволяет улучшить сходимость рядов при реализации вычислений на компьютере, а также более наглядно отражает физические особенности процесса.

Стационарная составляющая получена прямым интегрированием стационарной задачи теплопроводности с неоднородными граничными условиями и представляет собой логарифмическую зависимость температуры от радиуса:

$$S_i(r_i) = A_i + B_i \cdot \ln(r_i), \quad (7)$$

Нестационарная составляющая получена решением нестационарной задачи теплопроводности с однородными граничными условиями методом конечных интегральных преобразований и представляет собой следующий ряд:

$$P_i(r_i, \tau) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{Z_n} \left(C_{i,n} J_0 \left(\frac{\mu_n r_i}{a_i} \right) + D_{i,n} Y_0 \left(\frac{\mu_n r_i}{a_i} \right) \right) \cdot \exp(-\mu_n^2 \tau) \cdot \sum_{m=1}^2 \frac{\lambda_m}{a_m^2} \cdot \int_{R_{m-1}}^{R_m} r_m \cdot (f_m(r_m) - A_m - B_m \cdot \ln(r_m)) \cdot \left(C_{m,n} J_0 \left(\frac{\mu_n r_m}{a_m} \right) + D_{m,n} Y_0 \left(\frac{\mu_n r_m}{a_m} \right) \right) dr_m \quad (8)$$

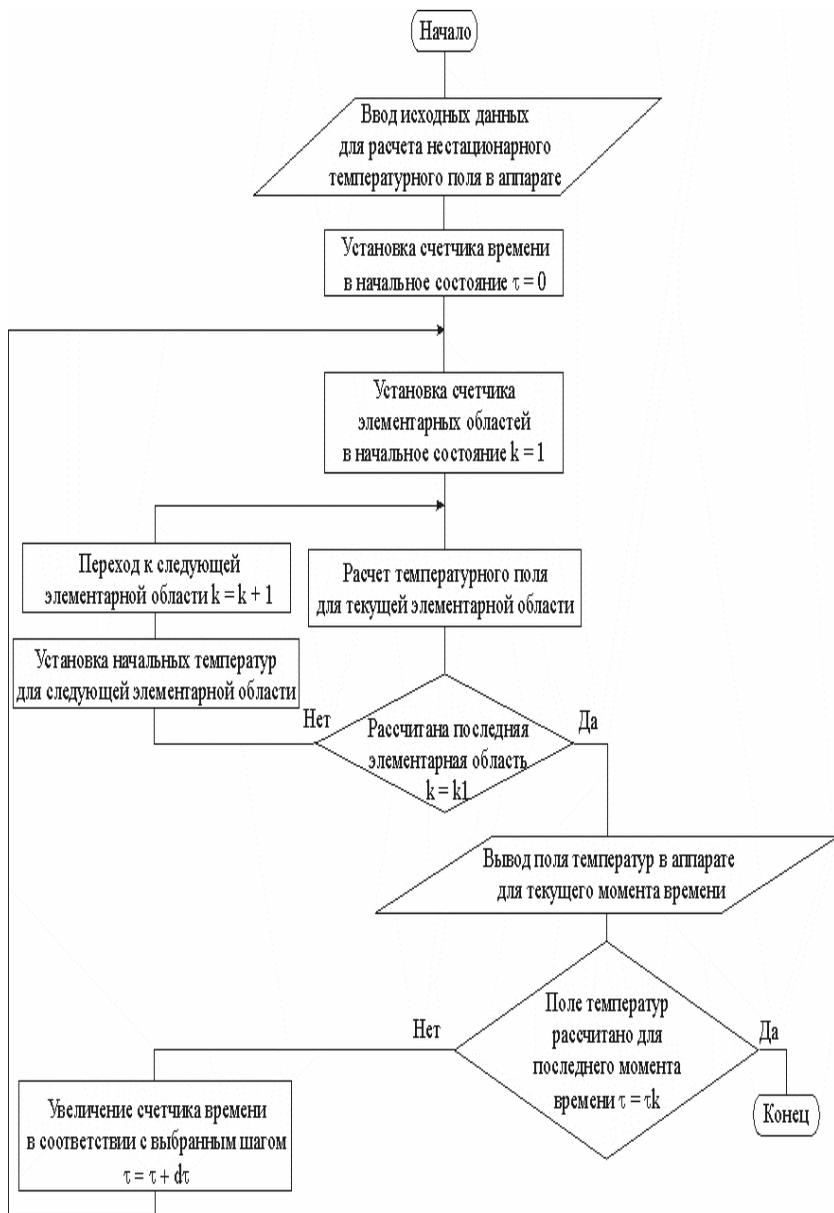


Рис. 2. Алгоритм расчета нестационарного температурного поля грунтовых теплообменников тепловых насосов

Представленные решения являются частным случаем решения линейной одномерной задачи теплопроводности для многослойного неограниченного полого цилиндра. Коэффициенты, входящие в выражения (7) – (8) вычисляются по формулам, приведенным в [1].

На основе рассмотренных выше решений разработан алгоритм расчета нестационарных температурных полей стенки трубы горизонтального грунтового испарителя теплового насоса и слоя прилегающего грунта, а также создан программный код на языке C++.

Алгоритм расчета нестационарного температурного поля грунтовых теплообменников представлен на рис. 2.

В результате работы программа формирует таблицу, в которой показано изменение температуры по радиусу рассматриваемой области в различные моменты времени (временной интервал равен 1 суткам).

Используя данные расчетной таблицы, построены кривые, описывающие распределение температуры в слое прилегающего грунта, для моментов времени, соответствующих моменту начала эксплуатации системы, по прошествии суток, трех, десяти и пятидесяти суток (рис. 3. и рис. 4.).

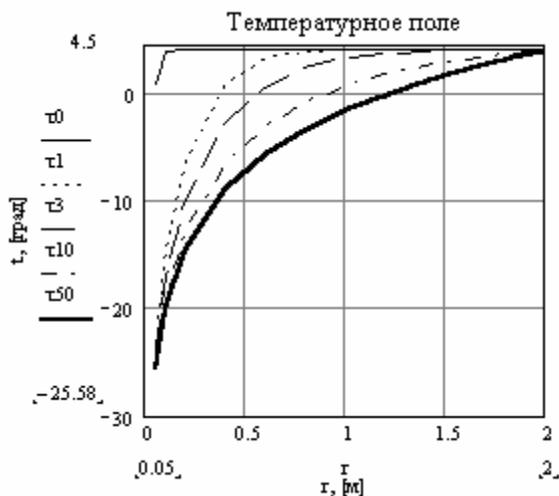


Рис. 3. Поле температур горизонтального грунтового испарителя теплового насоса в отопительный сезон

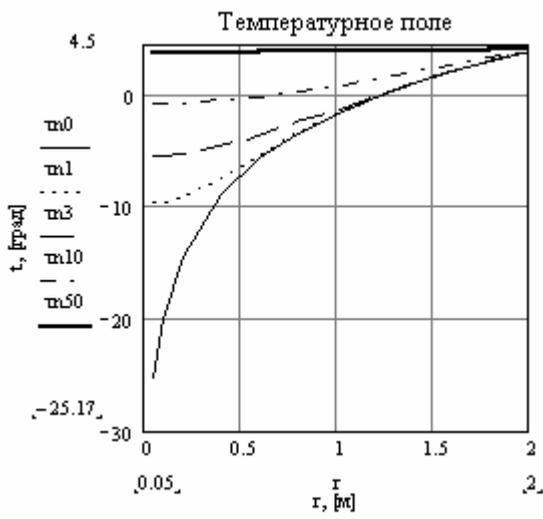


Рис. 4. Поле температур горизонтального грунтового испарителя теплового насоса в период восстановления температурного потенциала

Анализ семейства кривых для случая эксплуатации горизонтально-грунтового испарителя теплового насоса в отопительный сезон и в период восстановления температурного потенциала показал, что система к концу второго месяца с момента начала эксплуатации выходит на стационарный режим работы. Таким образом, температура слоев грунта, расположенных на фиксированном расстоянии, с течением времени остается практически постоянной.

Кроме того, полученные кривые позволяют оценить размер рабочего слоя грунта. Анализ кривых показывает, что на расстоянии 2 м от центральной продольной оси трубы горизонтального грунтового испарителя теплового насоса изменение температуры грунта в течение всего периода эксплуатации системы составляет около 0,1 градуса. Таким образом, минимальный шаг между соседними параллельно уложенными трубами испарителя, обеспечивающий исключение возможности наложения температурных полей близлежащих ветвей коллектора, составляет приблизительно 4 м.

Итак, используя математическую модель, описывающую нестационарные температурные поля горизонтального грунтового испарителя теплового насоса, можно составить некоторое представление как о конструкции теплообменного аппарата, так и о режиме его работы.

Список литературы:

- 1 Туголуков Е. Н. Математическое моделирование технологического оборудования многоассортиментных химических производств. / Е. Н. Туголуков. // Монография. – М.: Машиностроение, 2004. – 100с.

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. кафедры
«Автоматизированное проектирование технологического оборудования»
Малыгина Е. Н.*

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ВЫБОРА И РАСЧЕТА ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ ТВЕРДЫХ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Измельчение твердого сыпучего сырья и продуктов широко применяется в химической, горнодобывающей, пищевой промышленности, производствах строительных материалов. Вопрос о конструкции дробилки или мельницы, наиболее подходящей для измельчения того или иного материала, требует решения при разработке технологических схем проектируемых производств и при изменении ассортимента продукции действующих предприятий. В данной работе предлагается формулировка и алгоритм решения задачи выбора и расчета машины для измельчения материала с заданными свойствами, дается описание информационно системы выбора и расчета серийно выпускаемых измельчителей.

Задача заключается в выборе типа машины, ее конструкции и исполнения, наиболее приемлемых для измельчения материала, и последующем определении основных геометрических размеров и числа машин, обеспечивающих требуемую производительность при минимальных приведенных затратах и выполнении условий работоспособности.

Исходными данными для решения задачи являются:

- максимальные линейные размеры наибольших частиц сырья d_n и продукта d_k (м);
- требуемая массовая G (кг/с) или объемная V (м³/с) производительность по продукту;
- свойства измельчаемого материала – коэффициент f или угол φ внешнего трения (°), плотность ρ и насыпная плотность ρ_n (кг/м³), коэффициент разрыхления μ , предел прочности при сжатии $\sigma_{сж}$ и модуль упругости E (Па).

Выбор типа машины осуществляется по размерам частиц продукта: при $d_k \geq 0.005$ м выбирается дробилка, в противном случае – мельница. Подходящие конструкции машин выбираются по значению d_n , степени измельчения $i = d_n/d_k$, производительности и свойствам материала, например, при $d_n = 1.5-0.5$ м, $i = 5-10$, высокой и средней твердости материала подходящими являются щековые (ЩДП, ЩДС) и конусные (ККД, КСД) дробилки, производительность $V = 0.05$ м³/с могут обеспечить дробилки, ЩДП 9х12, ККД-500/75 и КРД 500/60, см. [1-3].

Для всех подходящих конструкций измельчителей выполняется технологический расчет – проверяется выполнение условий работоспо-

способности, определяется число машин, обеспечивающее заданную производительность. Например, условиями работоспособности щековой дробилки являются, см. [2,3]:

$$\begin{cases} \alpha < 2 \cdot \varphi \\ n \leq n_{\text{п}} \\ B \geq 1.15 \cdot d_{\text{н}} \\ e_* \leq d_{\text{к}} - s / 2 \leq e^* \\ N \leq \eta \cdot N_{\text{п}} \end{cases},$$

(1)

где α – угол захвата дробилки ($^\circ$),

$n = \sqrt{g \cdot \operatorname{tg} \alpha / (8 \cdot s)}$, $n_{\text{п}}$ – расчетная частота качаний подвижной щеки

и частота вращения вала привода (1/с),

$s = (a_1 + a_2 \cdot e) \cdot 10^{-3}$ (для ЩДС $a_1=7$, $a_2=100$, для ЩДП $a_1=8$, $a_2=260$) – размах качаний подвижной щеки (м),

e, e_*, e^* – ширина выходной щели дробилки и пределы ее регулирования (м),

B – ширина пасти дробилки (м),

$N = 4 \cdot 10^4 \cdot L \cdot H \cdot s \cdot n$, – затраты мощности на дробление (Вт),

$H = (B - e) / \operatorname{tg} \alpha$, L – высота передней стенки и длина дробилки (м),

$N_{\text{п}}, \eta$ – мощность привода дробилки и ее к.п.д (0.5-0.75).

Расчетная длина дробилки определяется по заданной производительности: $L_{\text{р}} = G \cdot \operatorname{tg} \alpha / (\rho_{\text{н}} \cdot \mu \cdot n \cdot s \cdot d_{\text{к}})$, необходимое число дробилок Q определяется по значению отношения $L_{\text{р}}/L$, округленному до большего целого.

Работоспособность шаровой барабанной мельницы (ШБМ, МШР) проверяется с помощью условий, см. [2]:

$$\begin{cases} n \leq 0.75 \cdot n_{\text{кр}} \\ M_3 \leq M_3^* \\ N \leq \eta \cdot N_{\text{п}} \end{cases},$$

(2)

где $n, n_{\text{кр}} = \sqrt{2 \cdot g / D} / 2 \cdot \pi$ – рабочая и критическая частота вращения барабана (1/с),

$$D = \left[\frac{4 \cdot G}{25.7 \cdot \pi \cdot B \cdot (\varphi_3 \cdot \rho_{\text{ш}} \cdot \mu)^{0.8} \cdot k \cdot q} \right]^{2/7} - \text{необходимый диаметр барабана (м),}$$

бана (м),

$B = L/D$ – отношение длины барабана к его диаметру (принимается в зависимости от модификации мельницы),

$\rho_{\text{ш}}$ – плотность материала шаров (кг/м^3),
 $\varphi_3, \mu = 0.55-0.6, k = 0.6-0.95$ – коэффициенты заполнения барабана шарами, неплотности их загрузки и тонины помола,
 q - нормативная удельная производительность мельницы ($\text{кг}/(\text{Вт}\cdot\text{с})$),
 $M_3 = 0.3 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot L \cdot \rho_{\text{ш}} \cdot \varphi_3 \cdot \mu, M_3^*$ – масса загрузки барабана и ее предельно допустимое значение (кг),
 $N = 0.39 \cdot \pi \cdot n \cdot M_3 \cdot g \cdot D$ – затраты мощности на измельчение (Вт),
 $N_{\text{п}}, \eta$ – мощность привода мельницы и ее к.п.д ($0.8-0.9$).

Необходимый диаметр шаров $d_{\text{ш}} = 0.006 \cdot \lg(d_{\text{к}} \cdot 10^6) \cdot \sqrt{d_{\text{н}} \cdot 10^3}$ м, число мельниц определяется значением G : если нет стандартных машин, способных обеспечить заданную производительность, принимается решение об увеличении их числа.

Лучший из приемлемых вариантов аппаратного оформления рассматриваемого процесса измельчения (необходимое число стандартных машин и их типоразмер) определяется с помощью критерия

$$Z = Q \cdot (Z_a + Z_o + Z_s), \quad (3)$$

где Z_a, Z_o, Z_s – амортизация стоимости одной машины, нормативные расходы на ее обслуживание и стоимость потребленной электроэнергии в течение года (руб.).

Для решения задач поиска минимума критерия (3) при условиях (1), (2) и им подобных для измельчителей других конструкций разрабатывается система автоматизированного выбора и расчета машин для измельчения твердых сыпучих материалов.

Первая версия системы создана в среде MathCAD. Она включает электронные книги, примеры расчетов аппаратов и справочные данные. Электронные книги системы содержат описание методики технологического расчета конусных, щековых, молотковых, роторных и валковых дробилок, барабанных, струйных, молотковых, среднеходных мельниц.

В электронных книгах имеются ссылки на примеры расчетов различных мельниц и дробилок, а также на справочные файлы системы, содержащие информацию об основных характеристиках и областях применения дробилок и мельниц упомянутых конструкций. В справочных файлах системы указываются такие характеристики, как размер аппарата, частота вращения рабочих элементов, наибольший размер кусков в питании, ширина разгрузочной щели, производительность, мощность электродвигателя, масса аппарата и другие. Разделы электронных книг выполнены в виде рабочих файлов MathCAD без присвоения переменным конкретных значений. С использованием этих файлов и файлов примеров расчетов легко сформировать рабочий файл MathCAD для расчета конкретной машины.

В настоящее время разрабатывается вторая версия системы (среда Visual Basic). В ее состав входят:

- информационно-поисковый модуль выбора типа и конструкции измельчителя;

- разработанные на основе [1-3] программные модули технологического расчета дробилок и мельниц;

- модули ввода исходных данных и вывода результатов расчетов в установленной форме;

- электронные каталоги характеристик промышленных аппаратов (тип, геометрия, частота вращения рабочего органа, мощность электродвигателя и т.д.).

В результате работы информационно-поискового модуля определяется тип и конструкции машин, пригодных для измельчения конкретных материалов. Оптимальный вариант аппаратурного оформления процесса измельчения материала с заданными свойствами определяется при решении задачи поиска минимума критерия (3) при условиях вида (1), (2) методом перебора.

Учебный вариант первой версии системы используется студентами ТГТУ (специализация 170514 "Гибкие автоматизированные производственные системы в технологии машин и аппаратов химической технологии") при выполнении расчетных заданий по дисциплине "Технологическое оборудование ГАПС", курсовых и дипломных проектов.

Список литературы:

1. Машины и аппараты химических производств: Примеры и задачи. / Под ред. В.Н. Соколова. – Л.: Машиностроение, 1982. – 384 с.

2. Конструирование и расчет машин химических производств / Ю.И. Гусев, И.Н. Карасев, Э.Э. Кольман-Иванов и др. – М.: Машиностроение, 1985. – 408 с.

3. Процессы и аппараты химической технологии. Том 2. Механические и гидромеханические процессы / Под ред. А.М. Кутепова. – М.: Логос, 2001. – 600 с.

*Кафедра «Автоматизированное проектирование
технологического оборудования»*

Машины и агрегаты пищевой промышленности

Гро Р. Н.

ПОЛУЧЕНИЕ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Экономия энергоносителей органического происхождения, ужесточение норм выбросов вредных веществ с отработавшими газами дизелей, а также ограничение эмиссии диоксида углерода заставляют большинство стран мирового сообщества искать пути уменьшения опасности воздействия тепловых двигателей на окружающую среду. В последнее время все более широкое распространение получают альтернативные биотоплива на основе растительных масел (рапсового, соевого, подсолнечного, арахисового, пальмового) и их производных. Интенсивные работы по переводу дизелей на биотопливо ведутся как в странах с ограниченным энергетическим потенциалом, так и в странах с большими запасами нефтяного топлива, а также в высокоразвитых странах, имеющих возможность приобретения нефтяных энергоносителей.

Одним из универсальных источников получения биотоплива является рапсовое масло. Добывают масло из семян рапса, разновидность *Brassica campestris*, растения из семейства крестоцветных. Цвет его темный, зеленоватый, после тщательной рафинации светло-желтый. Сырое масло имеет специфический запах и вкус, вероятно, связанные с наличием следов кротонилового масла. По Гилдичу, в кислотах рапсового масла содержится (в %): эруковой кислоты 43-50 и ненасыщенных кислот 51-45, в том числе олеиновой около 16, линолевой 13-16, линоленовой 7-10, насыщенных кислот, главным образом пальмитиновой кислоты, около 3%.

Биодизель - это не что иное, как метиловый эфир, обладающий свойствами горючего материала и получаемый в результате химической реакции из растительных жиров. Известно, что молекулы жира состоят из так называемых триглицеридов: соединений трехвалентного спирта

глицерина с тремя жирными кислотами. Для получения метилового эфира к девяти массовым единицам растительного масла добавляется одна массовая единица метанола (т.е. соблюдается соотношение 9 :1), а также небольшое количество щелочного катализатора. Все это смешивается в специальных колонах при температуре 500-800°C и нормальном давлении. В результате химической реакции образуется, в первую очередь, желаемый метиловый эфир, а также побочный продукт - глицерин, широко используемый в фармацевтической и лакокрасочной промышленности.

Полученный эфир отличается хорошей воспламеняемостью, обеспечиваемой высоким цетановым числом. Если для минерального дизтоплива характерен показатель в 50-52%, то метиловый эфир уже изначально содержит 56-58 % цетана. Это позволяет использовать его в дизельных двигателях без прочих стимулирующих воспламенение веществ. Благодаря такому свойству метиловый эфир, получаемый из растительных масел и жиров, и был назван биодизелем.

Основная технология в развитых странах основана на переэтерификации триглицеридов растительного масла метанолом с использованием основных или кислотных катализаторов.

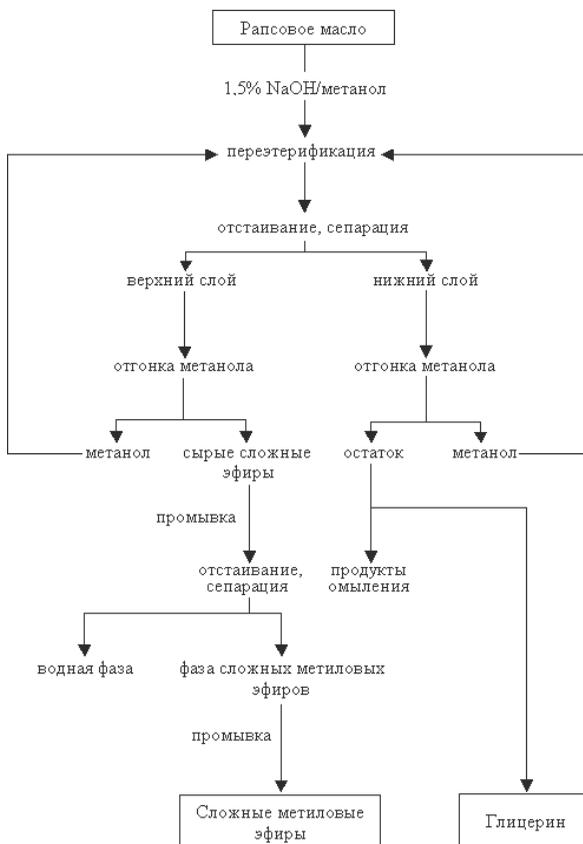


Рис. 1. Схема традиционного процесса метанолиза рапсового масла с получением биодизеля

Одним из методов является процесс перезэтерификации рапсового масла метанолом в сверхкритических условиях. В качестве эталонных соединений (сложных эфиров) были получены эфиры пальмитиновой, стеариновой,олеиновой, линолевой и линоленовой кислот на базе рапсового масла.

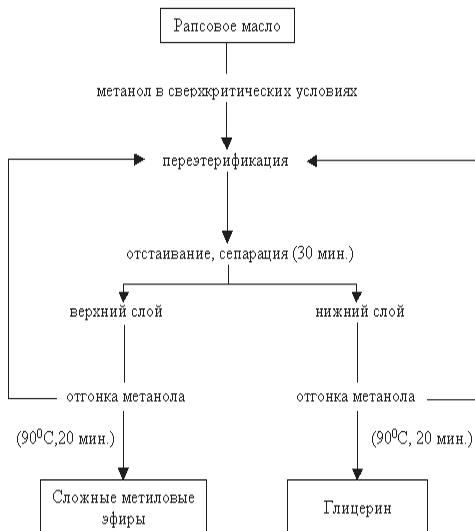


Рис. 2. Схема метанолиза рапсового масла в сверхкритических условиях

В настоящее время в Европе (Германия, Франция, Австрия и др. страны) производится более 1,5 млн. т биотоплива. Как показывает более чем 20-летний опыт эксплуатации дизельных двигателей различного назначения, конвертация их на биодизель не требует никакого изменения в конструкции дизеля. Несмотря на некоторое увеличение до 10 % расхода биодизеля при работе двигателя на нем (метиловые эфиры являются кислородосодержащим топливом), значительно, на 25-50 %, уменьшается эмиссия вредных веществ с отработавшими газами, что позволяет использовать этот вид топлива для двигателей при их работе в экологически уязвимых местах (городская зона, зона отдыха, карьерные разработки и др.). В настоящее время разработано и запатентовано бинарное альтернативное топливо на основе производных высокоэрукового рапсового масла и нефтяного топлива. Проработана возможность изготовления биодизеля из бросового (высококислотного) подсолнечно-го масла и отработанного фритюрного жира.

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. кафедры
«Технологическое оборудование и пищевые технологии»
Дворецкого С. И.*

Пешкова Е. В., Попов А. Е.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКТОРОВ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ

Компьютерное моделирование применяется для исследования, оптимизации и проектирования реальных технологических объектов. Прежде чем сформулировать и решить задачу оптимизации ХТО, необходимо выяснить насколько сильно влияние неопределённых параметров на поведение процесса.

Исследование влияния неопределённых параметров на работу химического реактора позволит нам сделать ряд полезных выводов.

Существует ли область допустимых управляющих воздействий, обеспечивающая получение химических продуктов с заданными свойствами?

Возможно ли построение системы оптимального управления синтезом красителей?

Проведем исследование влияния неопределенных параметров на работу промышленной установки диазотирования ароматических аминов, работающей в соответствии со следующим техническим заданием: производительность установки по конечному продукту составляет $Q = 1000 \text{ т / год}$;

должны быть обеспечены следующие условия экологической безопасности и требования к качеству продукции:

а) проскок амина $\eta \leq 1\%$;

б) содержание диазосмол в целевом продукте $\Pi_{\chi} \leq 1\%$;

Выполнение требований технического задания необходимо обеспечить в условиях неопределенности некоторых параметров:

- концентрации твердой фазы амина в питании реактора $[C_A]_S^{\text{вх}}$, значение которой всегда будет колебаться от номинального из-за неточности систем дозирования твердых и жидких веществ

- кинетического коэффициента A растворения твердой фазы амина, значение которой известно приблизительно и задаётся интервальными значениями.

Чтобы оценить влияние неопределённых параметров, будем производить моделирующий расчёт для их предельных и номинальных значений, изменяя управляющие воздействия.

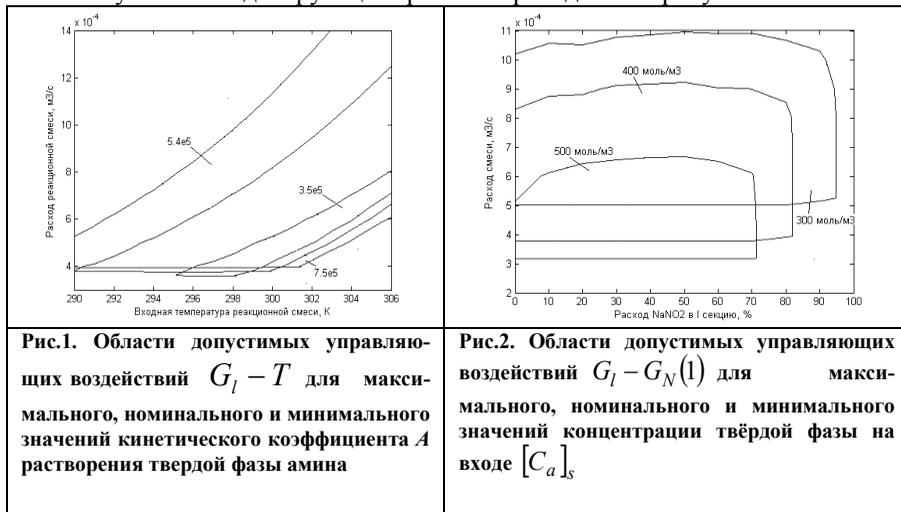
**Номинальные значения неопределенных параметров,
ожидаемые отклонения и области их значений**

Неопределенные параметры	Номинальные значения	Отклонения от номинальных значений	Интервал неопределенных значений
$[C_a]_s^{ex}$	400 моль/м ³	±25%	[300; 500]
A	$5,4 \cdot 10^5$	±25%	$[3,5 \cdot 10^5, 7,5 \cdot 10^5]$

Как показали численные эксперименты, наиболее сильное влияние на выход продукта оказывают и являются вектором управляющих воздействий $u = (G_{реакц.}^{ex}, T^{ex}, G_{(N)_i})$, $i = 1, N$ где $G_{реакц.}^{ex}$, T^{ex} - расход и температура суспензии амина на входе в реактор; $G_{(N)_i}$ - распределение подачи нитрита натрия по секциям реактора.

Влияние каждого фактора рассматривалось по отдельности. Сканировали область управляющих воздействий и выявили зависимость ряда параметров: степень превращения амина в диазосоединение, учитывая, что исходное сырьё – ароматический амин – является весьма дорогостоящим; количество диазосмол в диазосоединении, поскольку оно оказывает существенное влияние на качество получаемого пигмента и просок сырья.

Результаты моделирующего расчёта приведены на рисунках 1 и 2.



Из рисунков видно, что при изменении параметров A и $[C_A]_s$ области перемещаются, изменяя при этом свою конфигурацию. При увеличении A (рис.1) области $G_I^0 - T_c^0$ уменьшаются, и при некотором $A < 3,5$ могут вырождаться в точку, что затрудняет стабилизацию условия проведения реакции и требует построения системы оптимального управления реактором синтеза красителей.

Из рис.2 следует, что области допустимых управляющих воздействий $G_I^0 - G_N(1)$ также имеют пересечение для данных условий. Эти области уменьшаются и при некотором значении $[C_A]_s > 500$ могут вырождаться в точку. Это также делает необходимым построение системы оптимального управления. Очевидно, что 100%-ная подача нитрита натрия в первую секцию реактора нецелесообразна, потому что находится за пределами области допустимых значений. Таким образом, необходимо распределить подачу нитрита натрия по секциям реактора.

Выполненные исследования статических режимов процесса диазотирования, осуществляемого в турбулентных трубчатых реакторах, позволяют сделать следующие выводы.

1) при отклонениях среднего размера частиц в питании реактора от номинального значения невозможно добиться высокого выхода диазосоединения и выполнения регламентных технологических условий за счет управления $G_I^{(0)}, G_N^{(0)}, G_N^{(1)}, T^{(0)}$. Необходимы технологические приемы стабилизации \bar{r}_0 .

2) для управления процессом диазотирования целесообразно использовать расходы суспензии амина $G_I^{(0)}$ или нитрита натрия $G_N^{(0)}$, а также распределение подачи нитрита по модулям реактора $G_N^{(i)}, i = 1, 2, 3$, добиваясь при этом стабилизации температуры суспензии амина $T^{(0)}$ в питании реактора.

Исследование с помощью математической модели статических режимов реактора трубчатого типа позволило выявить технологические переменные, которые в значительной степени влияют на качественные показатели процесса диазотирования и определить области допустимых режимов в пространстве этих переменных. Основываясь на результатах проведенных исследований были выбраны варьируемые параметры в задаче оптимизации установки диазотирования трубчатого типа.

При традиционном подходе к решению задачи оптимизации вектору неопределенных параметров ξ присваивают некоторое номинальное значение, что не совсем правильно.

Возможна следующая постановка задачи оптимизации в условиях неопределенности.

На этапе эксплуатации ХТО неопределенные параметры ξ могут быть определены в каждый момент времени и управляющие переменные z могут быть использованы для обеспечения выполнения ограничения:

$$\min_d M^\xi \left\{ \min_z C(d, z, \xi) \mid g_j(d, z, \xi) \leq 0 \right\} \quad (1)$$

$$\text{при условии: } \max_{\xi \in \Xi} \min_z \max_{j \in J} g_j(d, z, \xi) \leq 0 \quad (2)$$

В случае мягких ограничений, использовать в качестве критерия выражение (1) нельзя, т.к. ξ фиксирована. В этом случае критерий оптимизации должен быть построен следующим образом. Пусть есть множество $\hat{\Xi}$ значений ξ при которых могут быть выполнены ограничения задачи. При этом $\text{Вер}[\xi \in \hat{\Xi}] \geq P_{зад}$

В критерии оптимизации (1) для каждого $\xi \in \hat{\Xi}$ переменную z следует выбирать из условия минимума $C(d, z, \xi)$ при выполнении ограничений $g_j(d, z, \xi) \leq 0$. В случае, если $\xi \notin \hat{\Xi}$, z будем выбирать из условия минимизации функции, учитывая штраф за нарушение ограничений, т.е.

$$C'(d, z, \xi) = C(d, z, \xi) + R \cdot \max \left(\max_{j \in \hat{J}} g_j(d, z, \xi), 0 \right)$$

где R – штрафной коэффициент; \hat{J} – множество индексов ограничений за нарушение которых берется штраф.

Сама оптимизационная задача может быть записана следующим образом: $\min_d (I_1(d) + I_2(d))$ (1')

$$\text{где } I_1(d) = \int_{\hat{\Xi}} \left(\min_z C(d, z, \xi) \mid g_j(d, z, \xi) \leq 0, j \in J \right) \cdot P(\xi) d\xi,$$

$$I_2(d) = \int_{\Xi \setminus \hat{\Xi}} \min_z C'(d, z, \xi) P(\xi) d\xi$$

Такая постановка задачи гарантирует, что ограничения $g_j(d, z, \xi) \leq 0, j \in J$ будут выполняться при изменении неопределенных параметров в заданных пределах $\xi \in \Xi, \Xi = \xi \mid \xi^L \leq \xi \leq \xi^U$.

*Работа выполнена под руководством д.т.н.,
профессора кафедры ТО и ТП Дворецкого С. И.*

**Технологические процессы, машины
и оборудование
комплексной химической переработки
растительных полимеров**

Полушкин Д. Л., Шашков И. В., Воропаев А. Г.

**РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ
И МЕТОДА РАСЧЕТА ГРАНУЛИРУЮЩЕЙ ПРИСТАВКИ
К ВАЛЬЦАМ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ**

На кафедре «Переработка полимеров и упаковочное производство» Тамбовского государственного технического университета разработана технология переработки отходов пленочных полимерных материалов на вальцах непрерывного действия. При этом установлено значительное уменьшение энерго- и трудовых затрат, что приведет к уменьшению себестоимости продукции.

Технологический процесс вторичной переработки отходов полимерных материалов на вальцах непрерывного действия осуществляется следующим образом. Отходы пленочных полимеров непрерывно загружаются с левой стороны вальцев на поверхности валков между ограничительными стрелами. Валки имеют масляный обогрев. В зоне загрузки происходит плавление отходов, удаление летучих компонентов и далее расплав полимера через отверстия в ограничительных стрелах дросселируется во вторую зону валковой машины, где происходит пластикация, окончательная дегазация, окрашивание расплава. После чего расплав полимера продавливается через гранулирующую приставку с фильерами, с образованием прутков (стренгов) заданного поперечного сечения. Стренги предварительно охлаждаются сжатым воздухом на

транспортере и далее режутся ножом, после чего полученные гранулы собираются в емкости.

Гранулирующая приставка имеет канал плоскощелевого типа, который переходит в канал круглой формы (рис. 1).

1. Потери давления в канале круглой формы.

Расход при течении через канал круглой формы определяется по формуле [1]:

$$Q_{\varepsilon} = \frac{m}{n+3} \cdot \frac{\pi R^{(n+3)} \cdot \Delta P_{\varepsilon}^n}{(2l_1)^n}, \quad (1)$$

где m и n – реологические константы, R – радиус канала, l_1 – длина канала, ΔP_k – перепад давления в канале круглой формы.

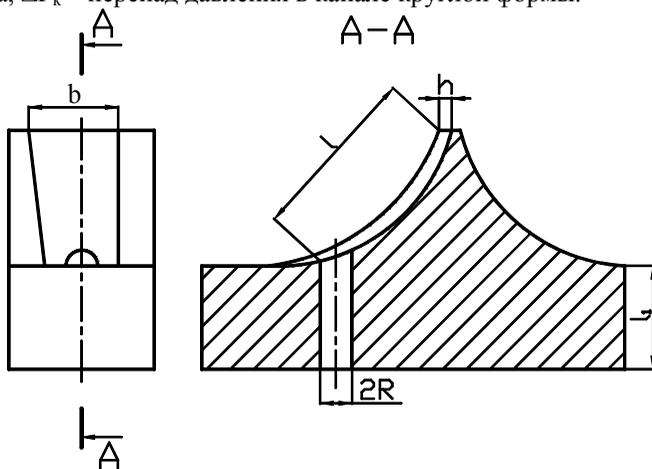


Рис. 1. Гранулирующая приставка

Отсюда перепад давления в круглом канале определяется по формуле:

$$\Delta P_k = \left[\frac{Q_k (n+3)}{\pi R^{(n+3)} m} \right]^{1/n} \cdot 2l \quad (2)$$

2. Потери давления в канале плоскощелевого типа.

Расход при течении через канал плоскощелевого типа определяется по формуле [1]:

$$Q_{щ} = \frac{m}{n+2} \cdot \frac{bh^{(n+2)} \cdot \Delta P_{щ}^n}{2(2l)^n}, \quad (3)$$

где b – ширина канала, h – высота канала, l – длина канала, $\Delta P_{щ}$ – перепад давления в канале плоскощелевого типа.

Отсюда перепад давления в канале плоскощелевого типа определяется по формуле:

$$\Delta P_{щ} = \left[\frac{2Q_{щ}(n+2)}{bh^{(n+2)} \cdot m} \right]^{1/n} \cdot 2l \quad (4)$$

3. Потери давления на входе в канал круглой формы.

Для определения потери давления у входа в канал берем зависимость падения давления у входа в канал от скорости истечения, свойств полимера и геометрических размеров канала выведенную Торнером [2]:

$$\Delta P_{вхк} = \left[\frac{Q_{к}(n+3)}{\pi R^3 \cdot m} \right]^{1/n} \cdot \frac{K}{n+3}, \quad (5)$$

где K – постоянная величина.

Давление создаваемое вальцами перед гранулирующей приставкой должно быть больше суммы падений давления в канале плоскощелевого типа, на входе в канал круглой формы, в канале круглой формы. В этом случае будет обеспечена требуемая производительность вальцев.

Список литературы:

1. Балашов М.М., Левин А.Н. Исследование течения блочного полистирола “Д” и разработка конструкции реометра. Пластические массы. 1961. №1. С.23-30.

2. Торнер Р.В. Исследование течения резиновых смесей по каналам круглого сечения ми метод расчета литниковых систем прессформ для деталей низа обуви и РТИ. Дисс. к.т.н. М., 1959.

*Работа выполнена под руководством к.т.н., проф. кафедры
«Переработка полимеров и упаковочное производство»
Клинкова А.С.*

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ВАЛЬЦЕВАНИЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЭНП

Объемы выпуска полимерной промышленности с каждым годом возрастают в среднем на 5-6 %. Эстетичный вид, легкость и не худшие прочностные свойства определяют область применения полимерной продукции и позволяют изделиям из полимерных материалов конкурировать с традиционными конструкционными и упаковочными материалами. Между тем, в настоящее время возникает угроза экологического и сырьевого кризиса, вызванная образующимися в пригороде или в черте города свалками.

Решение данных проблем возложено на утилизацию бытовых отходов. Существуют следующие виды утилизации: сжигание, захоронение, вторичная переработка. Наиболее перспективным видом утилизации, позволяющим разрешить вышеобозначенные проблемы, является вторичная переработка. Этот способ переработки не требует дорогого специального оборудования и может быть реализован в любом месте накопления отходов.

Наиболее остро стоит вопрос вторичной переработки отходов пленочных упаковочных полимерных материалов. Традиционно вторичная переработка включает в себя: сбор, сортировку, промывку, сушку, дробление, пластикацию.

На кафедре «Переработка полимеров и упаковочное производство» Тамбовского государственного технического университета разработана технология переработки пленочных материалов, позволяющая полностью исключить дробление. Основной пластикационный узел выполнен на базе лабораторных вальцов 190 80/80. Материал, находящийся в вязко-текучем состоянии снимается с вальцов при помощи отборочно-гранулирующего устройства.

Предварительные эксперименты, выполненные на гранулированном полиэтилене низкой плотности 15803-020, показали работоспособность данной технологии. Была проведена серия опытов по определению влияния величины фрикции и межвалкового зазора на физико-механические показатели.

Испытание на прочность проводились на разрывной СМГИ-Ц-250. Из полученных образцов формовались листы прессовым методом в пресс-форме. Далее при помощи вырубного ножа были получены лопатки.

В диапазоне частоты вращения от 5 до 10 об/мин происходит снижение предела прочности σ_p за счет разрыва межмолекулярных связей (рис. 2, рис. 5). При этом, по-видимому, происходит снижение молекулярной массы, а, следовательно, и увеличение вязкости. Поскольку вязкость снижается, индекс течения расплава полимера повышается (рис. 1, рис. 4).

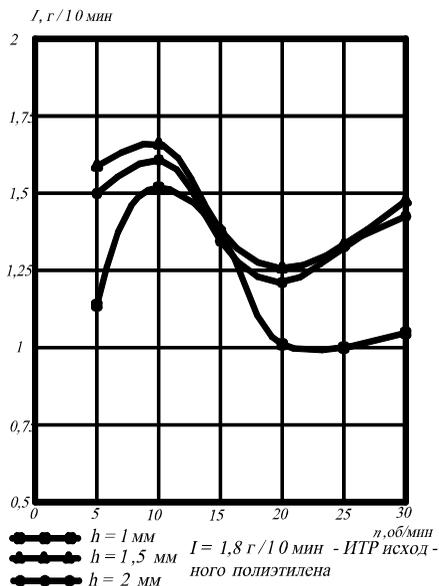


Рис. 1. Зависимость индекса течения расплава полимера I от частоты вращения n при различной величине межвалкового зазора

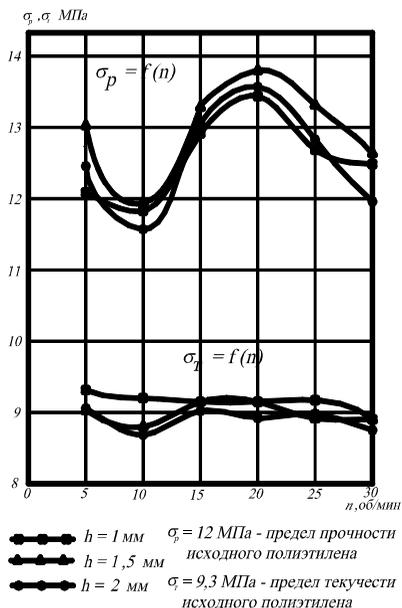


Рис. 2. Зависимость предела прочности σ_p и предела текучести σ_t при разрыве от частоты вращения n при различной величине меж-валкового зазора

Дальнейшее увеличение частоты вращения приводит к повышению σ_p . Увеличение прочностных показателей ПЭНП происходит вследствие ориентационного эффекта в формирующем инструменте. Экстремальное значение предел прочности σ_p достигает в диапазоне частоты вращения 20-22 об/мин.

Повышение частоты вращения свыше 22 об/мин приводит к снижению предела прочности σ_p (рис. 2, рис. 5). Это также сопровождается повышением индекса течения расплава полимера (рис. 1, рис. 4).

Характер поведения относительного остаточного удлинения (рис. 3, рис. 6) полностью соответствует характеру поведения кривых предела прочности σ_p (рис. 2, рис. 5)

Предел текучести σ_t на всем диапазоне частоты вращения не превышает изменения и примерно равен пределу текучести σ_t исходного полиэтилена.

Проанализировав графические зависимости можно сделать вывод, что изменение межвалкового зазора (рис.1-3) и фрикции (рис. 4-6) не оказывают существенного влияния на физико-механические показатели. Основным параметром, оказывающим влияние, является частота вращения валка.

Наилучшие физико-механические свойства, вторично-переработанного вальцованного полиэтилена достигаются в диапазоне частоты вращения валков вальцев 17-22 об/мин.

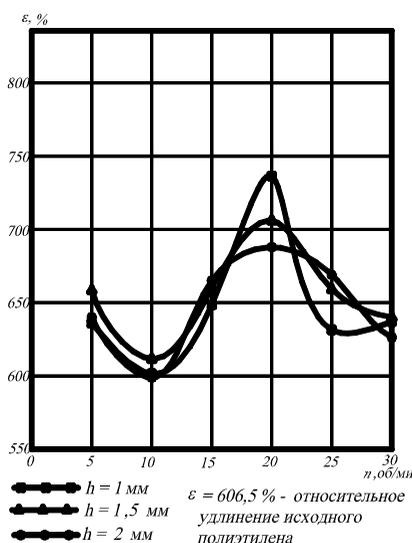


Рис. 3. Зависимость относительного остаточного удлинения ε от частоты вращения n при различной величине межвалкового зазора

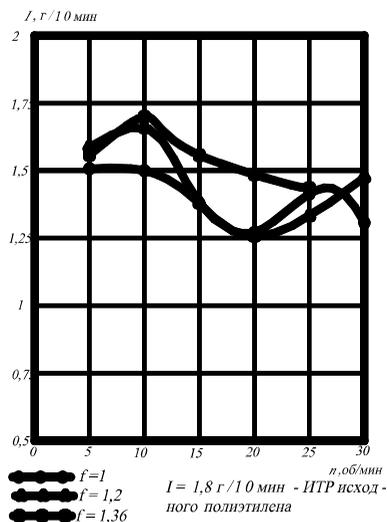


Рис. 4. Зависимость индекса течения расплава полимера I от частоты вращения n при различной величине межвалкового зазора

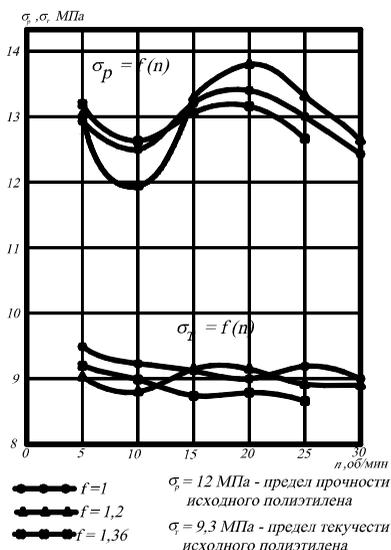


Рис. 5. Зависимость предела прочности σ_p и предела текучести σ_t при разрыве от частоты вращения n при различной величине межвалкового зазора

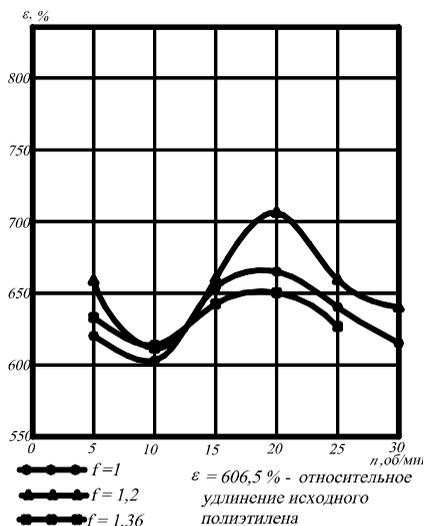


Рис. 6. Зависимость относительного остаточного удлинения ϵ от частоты вращения n при различной величине межвалкового зазора

Проведенные эксперименты позволили найти оптимальные технологические параметры процесса вальцевания вторичного ПЭНП (фрикция f , межвалковый зазор h , частота вращения n), при которых достигаются наилучшие физико-механические показатели получаемого гранулята.

Работа выполнена под руководством к.т.н., проф. кафедры
 «Переработка полимеров и упаковочное производство»
 Климова А.С.

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЖИМОВ ЭКСТРУЗИИ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ ИХ РАЗМЕРОВ

В последние годы все большее распространение получает процесс формирования изделий методом экструзии (непрерывное выдавливание материала шнеком экструдера через формующий инструмент головки, в качестве машины, приготавливающей и нагнетающей пластикат). В современной перерабатывающей промышленности пластмасс используются шнековые машины, которые кратко, в соответствии с установившейся терминологией, называют экструдерами.

При экструзии полимеров наблюдаются проявления специфических свойств пластикатов: «разбухание».

«Разбухание» - увеличение размеров поперечного сечения заготовки на выходе из формующего канала мундштука. То есть с течением времени полученная заготовка деформируется по отношению к своей первоначальной «нужной» форме.

Суммируя выводы исследователей, сделанные в разное время, можно представить «разбухание» как следствие нескольких процессов. При входе в оформляющий канал возникают напряжения, релаксирующие во время пребывания расплава в канале. Остаточные напряжения в момент выхода расплава из капилляра и вызываемое ими поперечное расширение потока будут связаны со скоростью потока экспоненциальной зависимостью. Кроме того, при движении в канале поперечный градиент скорости приводит к ориентации молекул вдоль потока. По выходе из канала происходит дезориентация молекул, что также приводит к деформации экструдата. Наконец, выравнивание профиля скоростей по выходе из канала также приводит к некоторому увеличению сечения вне зависимости от относительной длины канала.

На кафедре ППиУП был проведен ряд экспериментов на специально разработанной установке выполненной на основе МЧХ-32.[1]. Параметры резиновой смеси НО-68 и технологический режим процесса экструзии: температура цилиндра и червяка $T_{ц}$ [$^{\circ}\text{C}$]; температура резиновой смеси на входе в винтовой канал - $T_{см. вх.}$ [$^{\circ}\text{C}$]; температура резиновой смеси на выходе из винтового канала - $T_{см. вых.}$ [$^{\circ}\text{C}$]; температура резиновой смеси - $T_{см.}$ ($^{\circ}\text{C}$); реологические константы перерабатываемого материала при $T_{см. вх.} - m_0=100000$ [$\text{Па}\cdot\text{с}^{1/n}$], $n=0,32$; теплоемкость - $c=2100$ [$\text{Дж}/(\text{кг}\times^{\circ}\text{C})$], плотность - $\rho=1200$ [$\text{кг}/\text{м}^3$], теплопроводность - $\lambda=0,22$ [$\text{Дж}/(\text{кг}\times^{\circ}\text{C})$].

Для теоретической оценки изменения диаметров экструдата предложено использовать критерий Бейли, который косвенно зависит от режимов переработки РТИ и геометрии формирующих каналов:

$$JB_2(t) = \int_0^{t^*} \frac{\partial t}{\tau[\sigma(t)]} = \sum_i \int_{t_{i-1}}^{t_i} \frac{\partial t}{\tau[\sigma(t)]} = \varepsilon_2, \quad (1)$$

где $\int_0^{t^*} \frac{\partial t}{\tau[\sigma(t)]}$ - степень пластикации резиновых смесей; $\tau[\sigma(t)]$ - функция, характеризующая пластикацию (время достижения "деформации" при постоянной температуре); t^* - время достижения "деформации" при заданном процессе деформирования $\sigma(t)$; ε_2 - величина характеризующая относительную "деформацию".

Напряжение сдвига определяется по формуле:

$$\sigma = m_0 \left(\frac{1}{2} J_2 \right)^{(n-1)/2} \dot{\gamma} \quad (2)$$

где σ - напряжение сдвига; $\dot{\gamma}$ - скорость сдвига, c^{-1} ; $\frac{1}{2} J_2$ - второй инвариант тензора скоростей деформации.

Для оценки факторов влияющих на «разбухание» были получены графические зависимости (рис. 1-3).

Для оценки влияния давления в формирующем инструменте на изменение диаметра экструдата получена зависимость на рис. 1.

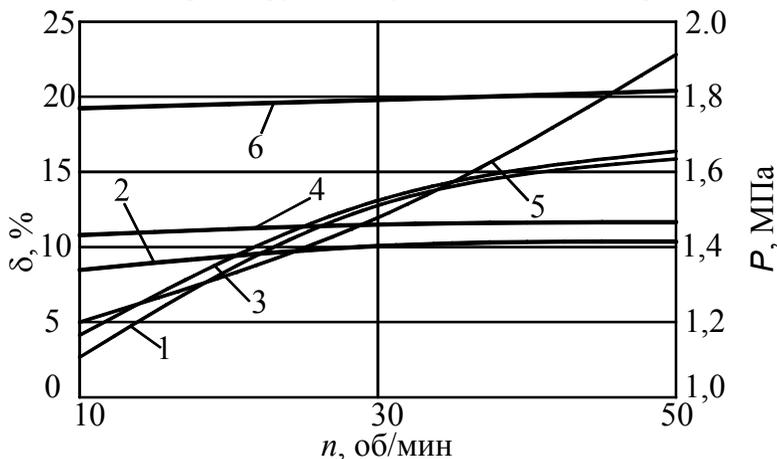


Рис. 1. Зависимость относительного увеличения диаметра заготовки δ

и давления P от частоты вращения n : 1- $d=18,4$ мм, 3 - $d=16,4$ мм, 5- $d=10,4$ мм, (давление экспериментальное); 2- $d=18,4$ мм, 4- $d=16,4$ мм, 6- $d=10,4$ мм, (относительное изменение диаметра экструдата)

Из зависимостей показанных на рис. 1 видно, что с ростом частоты вращения n давление увеличивается, а увеличение относительного изменения диаметра экструдата незначительно (в пределах 3%) для одного и того же диаметра мундштука, но значительно (в пределах 100%) для разных диаметров мундштука.

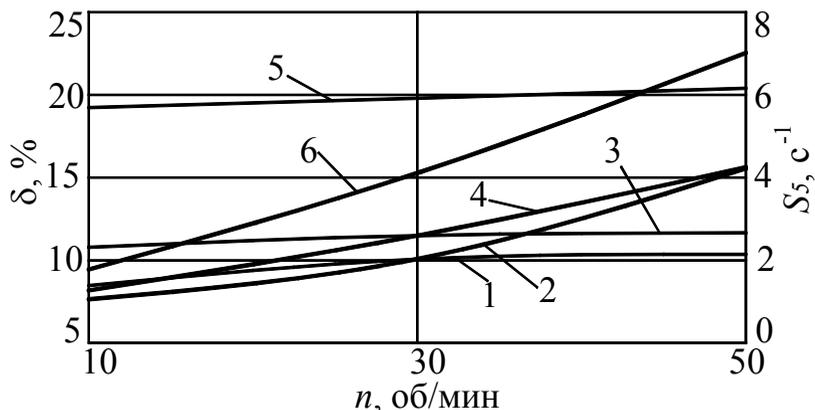


Рис. 2. Зависимость относительного изменения диаметра экструдата δ и скорости сдвига в мундштуке S_5 от частоты вращения n : 1- $d=18,4$ мм, 3 - $d=16,4$ мм, 5- $d=10,4$ мм; (относительное увеличение диаметров после охлаждения), 2- $d=18,4$ мм, 4- $d=16,4$ мм, 6- $d=10,4$ мм, (скорость сдвига в мундштуке)

Из рис. 2 видно что с увеличением скорости сдвига наблюдается резкое увеличение относительного изменения диаметра экструдата так при скорости сдвига $S_5=4,1\text{с}^{-1}$ относительного изменения диаметра экструдата $\delta= 10,3\%$, при скорости сдвига $S_5=4,2\text{с}^{-1}$ относительного изменения диаметра экструдата $\delta= 11,6\%$, а при скорости сдвига $S_5=6,9\text{с}^{-1}$ разбухание $\delta= 20,1\%$.

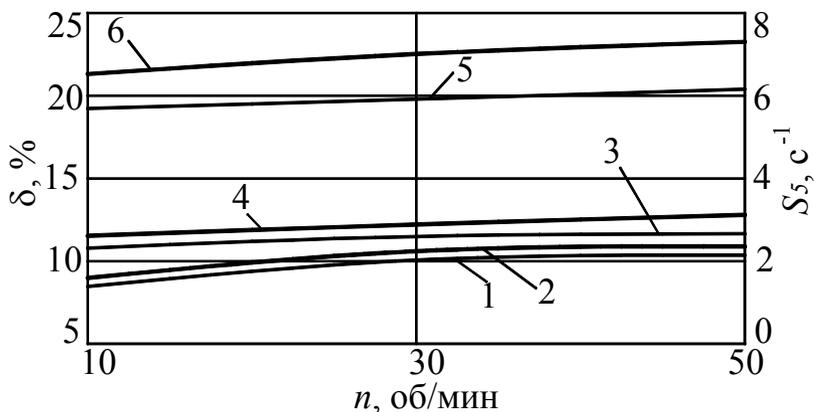


Рис. 3. Зависимость относительного изменения диаметра экструдата от частоты вращения при различных диаметрах мундштука: 1- $d=18,4$ мм, 3- $d=16,4$ мм, 5- $d=10,4$ мм; (после охлаждения), 2- $d=18,4$ мм, 4- $d=16,4$ мм, 6- $d=10,4$ мм (при температуре выхода смеси)

Из анализа зависимости (рис. 3) видно, что температурная составляющая относительного изменения диаметра экструдата d_s (кривые 2, 4, 6, соответственно) не превышает 3 %, а общее – составляет ~ 22 % (кривые 1, 3, 5, соответственно).

Вывод: при проектировании формующего инструмента необходимо стремиться к минимизации скорости сдвига в канале на выходе из формующего инструмента (мундштук, дорна) и общего перепада давления.

Список литературы:

1. Туляков Д.В., Жирняков Д.В., Соколов М.В., Отработка режимов переработки резиновых смесей с учетом размеров экструдата Сборник статей магистрантов по материалам научной конференции 15-17 февраля 2005 года. Выпуск 1. Часть 1.- Тамбов ТОГУП «Тамбовполиграфиздат», 2005.- 144с.

*Работа выполнена под руководством к.т.н., проф. кафедры
«Переработка полимеров и упаковочное производство»
Клинкова А. С.*

Машины и аппараты химических производств

Авсеев А. С., Глебов Г. Г.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БЫСТРЫХ ГРАВИТАЦИОННЫХ ТЕЧЕНИЙ ЗЕРНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Гравитационные течения широко распространены как в природных явлениях, так и в многочисленных технологических процессах. Многие гидромеханические и тепломассообменные процессы переработки зернистых материалов протекают в режиме быстрых сдвиговых гравитационных течений. Подобные течения характеризуются активным взаимодействием частиц, вследствие которого проявляются эффекты их перемешивания и разделения. Для прогнозирования этих эффектов - квазидиффузии, миграции, сегрегации [1] – необходимо располагать труднодоступной информацией о структурных и кинематических характеристиках гравитационных потоков в виде профилей скорости и порозности.

Настоящая работа посвящена исследованию структурно-кинематических характеристик быстрых гравитационных течений зернистых сред на шероховатом скате.

Исследование проведено с использованием экспериментально-аналитического метода [2], основывающегося на анализе фазы свободного падения частиц, покидающих порог ссыпания шероховатого ската.

Метод реализуется с использованием экспериментальной установки (рис.1), состоящей из наклонного канала прямоугольного сечения 1 и кювета 3, разделенной перегородками 4 на ячейки. Кювета, предназначенная

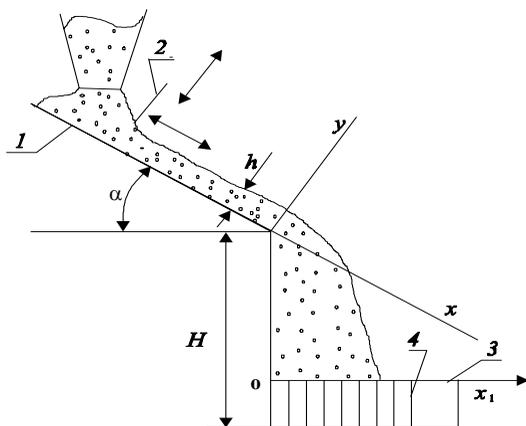


Рис. 1. Схема установки для реализации экспериментально-аналитического метода измерения профилей скорости и порозности в гравитационном потоке зернистого материала

для сбора вылетающих из канала частиц, устанавливается по отвесу на некотором расстоянии от порога ссыпания. Для регулирования толщины и длины скатывающегося слоя зернистого материала в канале закреплена с возможностью смещения ограничительная планка 2. На дне канала расположена шероховатая пластина, имеющая шероховатость, равную половине диаметра исследуемого материала, для обеспечения условия прилипания частиц.

Экспериментальная часть метода [2] заключается в дозировании зернистого материала в режиме установившегося течения по наклонному каналу и сборе материала в кювету с ячейками. После заполнения ячеек кюветы в течение определенного времени их содержимое взвешивают и по результатам взвешивания определяется функция распределения массы материала $G(x_1)$ в направлении оси Ox_1 (рис.2). При этом также определяются высота слоя h на пороге ссыпания, время ссыпания t , расстояние H между порогом ссыпания и кюветой и угол наклона канала α .

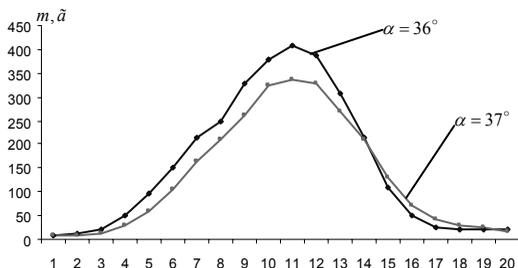


Рис. 2. Кривые распределения массы материала по ячейкам кюветы при различных углах наклона ската

Аналитическая часть метода заключается в определении профилей скорости $u(y)$ и порозности $\varepsilon(y)$ в слое частиц с учетом взаимосвязи между локальными значениями порозности слоя $\varepsilon(y)$, скорости сдвига du/dy , модуля скорости $u(y)$ и распределением частиц по горизонтальной координате $G(x_1)$. Уравнения, связывающие модуль скорости $u(y)$ и порозность слоя $\varepsilon(y)$ в быстром гравитационном потоке зернистого материала на шероховатом скате, формулируются [2] следующим образом:

$$|\bar{u}| = \frac{x_1 - y \cdot \sin \alpha}{\cos \alpha \sqrt{(H + y \cdot \cos \alpha - (x_1 - y \cdot \sin \alpha) \operatorname{tg} \alpha)^2 / g}} \quad (1)$$

$$u(y, x_1) \rho^*(y) = G(x_1) \quad (2)$$

Используя гипотезу [2] об аналогии между параметрами зернистого материала при быстром сдвиге и соответствующими параметрами плотного газа, получено следующее уравнение состояния зернистой среды:

$$p(y) \cdot \bar{\varepsilon} = \chi \left(\frac{du}{dy} \right)^2, \quad (3)$$

где $p(y) = \int_{h-y}^h \rho^*(y) \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot dy$ - аналог гидростатического давления;

$\bar{\varepsilon} = (\varepsilon - \varepsilon_0) / (1 - \varepsilon(y))$ - дилатансия слоя.

Уравнения (1)-(3) образуют замкнутую систему относительно функций $u(y)$, $\varepsilon(y)$, $y(x_i)$ и $p(y)$. В результате решения этой системы уравнений методом последовательных приближений получают профили скорости $u(y)$ и порозности $\varepsilon(y)$.

Исследование проведено в диапазоне углов ската, при которых имеет место быстрое установившееся гравитационное течение материала, и толщине слоя, равной 5-7 диаметрам частиц.

На рис.3 и 4 представлены результаты исследований структурно-кинематических характеристик быстрого сдвигового течения керамических шариков диаметром $6,6 \cdot 10^{-3}$ м в виде профилей порозности и скорости.

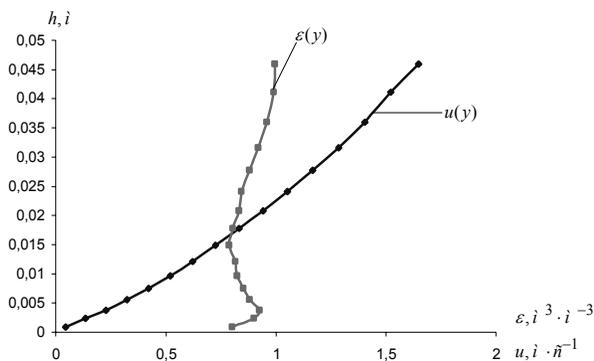


Рис. 3. Профили порозности и скорости для керамических шаров при угле наклона ската $\alpha=36^\circ$ и толщине слоя $h=46$ мм

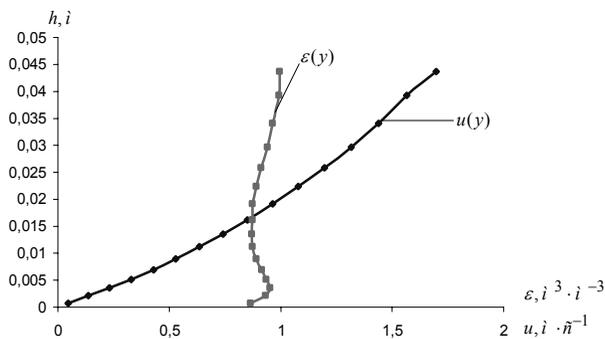


Рис. 4. Профили порозности и скорости для керамических шаров при угле наклона ската $\alpha=37^\circ$ и толщине слоя $h=46$ мм

Анализ приведенных на рис.3 и 4 результатов показывает, что при всех углах наклона шероховатого ската профили порозности имеют S-образную форму с максимальной концентрацией твердой фазы в центральной части слоя. Кроме того, приведенные результаты позволяют сделать предположение о том, что с увеличением угла ската регулярная структура расположения частиц в гравитационном потоке сменяется хаотической, что должно сопровождаться усилением эффектов перемешивания.

1.Dolgunin V.N., Kudy A.N., Ukolov A.A., Powder Technology, 1998, P. 211.

2.Dolgunin V.N., Ukolov A.A., Powder Technology. 83. 1995, P. 95.

*Работа выполнена под руководством
к.т.н., доц. кафедры МАХП
Борщева В. Я.*

Ковалев С. В., Красненков П. Г., Мамонтов В. В.

**РАСЧЕТ НАБЛЮДАЕМОЙ СЕЛЕКТИВНОСТИ
И РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ МЕМБРАНЫ
НА УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННОЙ УСТАНОВКЕ
ТРУБЧАТОГО ТИПА**

Сконцентрируем Na_2SO_4 от 0,05 до 0,1 [кг/м³].
Производительностью 10 [м³/сут] по исходному раствору:
Селективность [1]:

$$\varphi = 1 - \frac{1}{1 + (\gamma - 1) \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{V \cdot h}{m \cdot D_m}\right) \right] \cdot \exp\left(-\frac{V \cdot \delta}{D_0}\right)} \quad (1)$$

где h – толщина мембраны; δ – толщина пограничного слоя; γ – коэффициент распределения раствора в порах; V – удельная производительность; D_m – коэффициент диффузии в мембране; D_0 – коэффициент диффузии в растворе; $m = 1$;

$$K_p = \frac{1}{\gamma} \quad (2)$$

$\gamma = 37.5$ принимаем равным [1];

$$\begin{aligned} \delta &= 0.01 \cdot h_m; \\ h &= 0.05 \cdot 10^{-4} = 0.5 \cdot 10^{-5}; \\ \delta &= 0.01 \cdot 10^{-4}; \\ D_m &= k \cdot D_0 \end{aligned} \quad (3)$$

Определяем коэффициенты и переменные, входящие в состав формулы (1). Первоначально, выбираем для ультрафильтрации рекомендуемые рабочие давления в диапазоне 0.1 – 0,3 МПа. Для дальнейших расчетов примем перепад рабочего давления через мембрану

$$P - \pi = 0.2 \text{ МПа.}$$

При выборе мембраны исходим из того, что она должна обладать максимальной удельной производительностью при селективности, обеспечивающей выполнение требований и качеству пермеата (соответствие санитарным нормам или нормам на техническую воду, допустимым потерям растворенного вещества и т. п.). Кроме того мембрана должна обладать высокой химической стойкостью по отношению к разделяемому раствору [2].

Выбираем мембрану марки УФМ – 50 с удельной производительностью по воде $Q = 0.4$ [мл/см² мин] = $6.6 \cdot 10^{-5}$ [м³/м² с].

Рабочая поверхность мембраны зависит от их удельной производительности и потребного расхода пермеата. Определим сначала удельную производительность по чистой воде, пользуясь приведенными выше данными о константах проницаемости. Для мембраны УФМ – 50

$$A = 0.00033 \cdot 10^6 \text{ [м}^3\text{/м}^2\text{ с]}$$

$$D_{Ж} = \frac{10^{-6}}{A \cdot B \cdot \sqrt{\mu} \cdot (v_A^3 + v_B^3)^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}} \quad (4)$$

$$D_0 = D_{Ж} = 3 \cdot 10^{-9} \text{ [м}^2\text{/с]}$$

Тогда при рабочем давлении 0.2 МПа удельная производительность по чистой воде составит:

$$V = A \cdot (P - \pi) \quad (5)$$

$$V = 0.00033 \cdot 10^{-6} \cdot 0.2 \cdot 10^6 = 0.000066 \text{ [м}^3\text{/м}^2\text{ с]}$$

P – рабочее давление; π - осмотическое давление; A – константа проницаемости мембраны на воде.

Принимаем осмотическое давление $\pi=0$, так как раствор сильно разбавлен.

По формуле (2):

$$K_p = 0.027 \text{ [м}^2\text{/с]}$$

По формуле (3):

$$D_m = 0.081 \cdot 10^{-9} \text{ [м}^2\text{/с]}$$

Находим селективность по формуле (1):

$$\varphi = 1 - 0.028 = 0.972$$

Степень концентрирования:

$$K = \frac{X_{Iк}}{X_{In}} = \frac{0.1}{0.05} = 2$$

тогда

$$\bar{X}_2 = X_{In} \cdot \frac{(1 - K^\varphi)^{\frac{1-\varphi}{\varphi}}}{(1 - K^\varphi)^{\frac{1}{\varphi}}} \quad (6)$$

где \bar{X}_2 – средняя концентрация растворенного вещества в пермеате.

$$\bar{X}_2 = 0.00196 \text{ [кг Na}_2\text{SO}_4\text{/м}^3\text{ раствора]}$$

Определим расход пермеата по формуле:

$$L_k = L_n \cdot (1 - K^{-\frac{1}{\phi}}) \quad (7)$$

где L_n – расход исходного раствора. Получаем:

$$L_k = 0.000059 \text{ [м}^3/\text{с]}$$

Расход соли с исходными растворами:

$$L_n \cdot X_{I_n} = 5.75 \cdot 10^{-6} \text{ [кг/с]}$$

Потери соли с пермеатом:

$$L_n \cdot \bar{X}_2 = 1.13 \cdot 10^{-7} \text{ [кг/с]}$$

что в % от количества, содержащегося в исходном растворе, составит 1.97 %

Это значение находится в пределах допустимого, поэтому выбираем для дальнейших расчетов фторопластовую мембрану, имеющую селективность по Na_2SO_4 $\phi = 0.972$ и производительность $Q = 0.4 \text{ [мл/см}^2 \text{ мин]}$.

Удельная производительность на входе разделяемого раствора в аппарат и на выходе соответственно равна:

$$G_n = G_0 \cdot \left(\frac{1 - \pi_{1n}}{\Delta p} \right) \quad (8)$$

$$G_n = 0.0000625 \text{ [м}^3/\text{м}^2 \text{ с]}$$

$$G_k = G_0 \cdot \left(\frac{1 - \pi_{1k}}{\Delta p} \right) \quad (9)$$

$$G_k = 0.0000561 \text{ [м}^3/\text{м}^2 \text{ с]}$$

$$G = \frac{G_n + G_k}{2} = 0.0000593 \text{ [м}^3/\text{м}^2 \text{ с]}$$

Рабочая поверхность мембраны:

$$F = \frac{L_n}{G} \quad (10)$$

$$F \approx 1 \text{ [м}^2\text{]}$$

Рабочая поверхность мембраны одного элемента:

$$F_3 = \pi \cdot d \cdot L \quad (11)$$

$$F_3 = 0.084 \text{ [м}^2\text{]}$$

Общее число элементов в аппарате:

$$n = \frac{F}{F_3} \quad (12)$$

$$n = 12$$

Расход пермеата на одном элементе равен:

$$L_{nэ} = \frac{L_n}{n} \quad (13)$$

$$L_{nэ} = 0.0000049 \text{ [м}^3\text{/с]}$$

Примем, что аппарат состоит из одного модуля:

$$F_M = F_э \cdot n_э \quad (14)$$

$$F_M = 0.59 \text{ [м}^2\text{]}$$

Расход концентрата:

$$L_K = L_n - L_n \quad (15)$$

$$L_K = 0.000056 \text{ [м}^3\text{/с]}$$

Вывод: произведен расчет трубчатой ультрафильтрационной установки непрерывного действия и по полученным данным считаем аппарат перспективным в области очистки сточных вод.

Список литературы:

1. Влияние ассоциации ионов в зоне концентрационной поляризации и выпадение кристаллов на селективность обратноосмотических мембран / В. М. Старов, Н. В. Чураев, В. М. Дорохов и др. // Химия и технология воды. – 1986. – Т. 8, № 2. – С. 67-72.
2. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Г. С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский и др. Под ред. Ю. И. Дытнерского, 2-е изд., перераб. и дополн. М.: Химия, 1991. – 496 с.

*Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. кафедры
«Машины и аппараты химических производств»
Кормильцина Г. С.*

ИНТЕНСИФИКАЦИИ МАССООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМПУЛЬСНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ (НА ПРИМЕРЕ КАВИТАЦИИ)

Под кавитацией в жидкости понимают образование заполненных паром и газом полостей или пузырьков при локальном понижении давления в жидкости до давления насыщенных паров. Соотношение содержания газа и пара в полости может быть различным (теоретически от нуля до единицы). В зависимости от концентрации пара или газа в полости их называют паровыми или газовыми.

Различают:

- гидродинамическую кавитацию, возникающую за счет местного понижения давления в потоке жидкости при обтекании твердого тела,
- акустическую кавитацию, возникающую при прохождении через жидкость акустических колебаний.

Акустическая кавитация представляет собой эффективное средство концентрации энергии звуковой волны низкой плотности в высокую плотность энергии, связанную с пульсациями и захлопыванием кавитационных пузырьков. В фазе разрежения акустической волны в жидкости образуется разрыв в виде полости, которая заполняется насыщенным паром данной жидкости. В фазе сжатия под действием повышенного давления и сил поверхностного натяжения полость захлопывается, а пар конденсируется на границе раздела фаз. Через стены полости в нее диффундирует растворенный в жидкости газ, который затем подвергается сильному адиабатическому сжатию.

В момент схлопывания, давление и температура газа достигают значительных величин (по некоторым данным до 100 МПа и 1000 °С). После схлопывания полости в окружающей жидкости распространяется сферическая ударная волна, быстро затухающая в пространстве.

Акустическая кавитация в жидкостях инициирует различные физико-химические явления:

сонолюминесценцию (свечение жидкостей). Вызывается и электрическим, и тепловыми явлениями.

химические эффекты (звукохимические реакции). Инициирование химических реакций за счет акустического воздействия.

эрозию твердого тела (разрушение поверхности). Возникает за счет механического воздействия пузырьков (кумулятивные струйки, микроабразивная обработка).

диспергирование (измельчение твердых частиц в жидкости)

эмульгирование (смешивание и гомогенизация несмешивающихся жидкостей) [1].

Ультрафильтрация – это процесс проникновения мельчайших частиц через разделяющую перегородку (мембрану).

Процесс зависит от поляризации, концентрации и чистоты поверхности мембраны. Это основные факторы, затрудняющие массообмен.

Симон и Пенпепик изучали ультрафильтрацию и обнаружили, что кавитация существенно ускоряет процесс перехода мелких частиц через разделяющую перегородку [2].

Кавитация создается ультразвуковым излучением, состав раствора двухкомпонентный: белок и вода.

Ясунимо Мухаи изучал ультрафильтрацию оротового белка (молярный вес - 67000) и лизоцим (лизозим) белка из яйца (молярный вес - 14300).

Ясунимо Мухаи утверждает, что ультразвуковая кавитация повышает скорость ультрафильтрации раствора с оротовым белком на 120%, а раствора с лизоцим(лизозим) белком остается неизменным.

Аналогичное явление наблюдается с высокими полимерными соединениями. Скорость ультрафильтрации раствора с глюкозой повышается на 100%, а раствора воды с мелкими молекулами остается неизменна.

На частота ультразвука 25 кГц и 48 кГц повышается мощность излучения с 2,5 Вт/см² до 3,4 Вт/см² и скорость процесса. Частоты выше указанных пределов, например 100 кГц, не приводят к повышению мощности или скорости. Это объясняется тем, что ультразвук с частотами 25 кГц и 48 кГц вызывает кавитацию, а к 100 Гц не вызывает.

Интенсификация ультрафильтрации ультразвуковой кавитацией зависит от направления ультразвука, на рисунке 1 представлены схемы направлений излучателя и потока через мембрану.

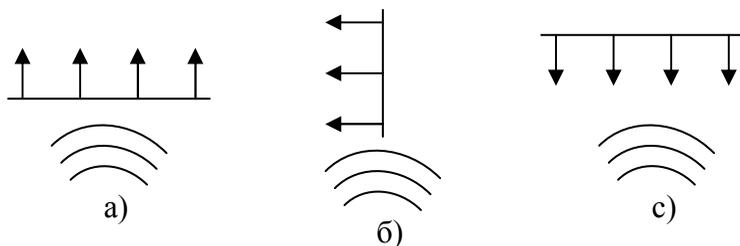


Рис. 1. Способы направления ультразвукового излучения:
а – по ходу потока проходящего через мембрану; б – перпендикулярно потоку проходящего через мембрану; с – против потока проходящего через мембрану

Установлено, что интенсификация ультрафильтрации по данным схемам приложения ультразвукового излучения, к потоку проходящего через мембрану убывает ($a > b > c$).

Наличие кавитации в потоке решает одну из основных проблем ультрафильтрации: забивка пор и соответственно загрязнение перегородки.

Вызванная ультразвуком кавитация создает дополнительное перемешивание и сообщает примесям (мелким частицам) огромную скорость, что благоприятно влияет на проникновение частиц через отверстия, а также исключает загрязнение поверхности мембраны.

Отрицательное действие кавитации заключается в разрушении перегородки. Кавитация способствует появлению потоков жидкости со скоростью до 1000 м/с на микро уровне, это похоже на «стихийное воздействие» которое своей мощью разрушает перегородку. Поэтому возникает проблема в поиске материала перегородки подходящего для таких условий работы [2].

Очистка сточных вод – одна из основных проблем химических производств. В сточных водах химических производств, таких как бумажные комбинаты, заводы по окраске тканей и других, содержатся вредные вещества, например, толуол, хлорфенол. Хлорфенол характеризуется жесткой структурой. Необходимо мощное энергетическое воздействие, в результате которого произойдет переход вещества в аморфное состояние. Существующие методы очистки: химические, физические, микробиологические и другие, требуют больших затрат времени и имеют невысокую степень очистки.

Для интенсификации химических реакций в процессе очистки сточных вод применяют кавитацию, созданную ультразвуком [3].

Для сравнения берутся два раствора с концентрацией хлорфенола 0,035 мг/мл и 2 мг/мл. Они подвергаются воздействию ультразвуком с частотой $f=1,7$ МГц, мощностью $N=1,5$ Вт/см². Кроме ультразвука другие воздействия не используются. Результаты ультразвукового воздействия приведены в таблице 1 для раствора с концентрацией 0,035 мг/мл и в таблице 2 для раствора с концентрацией 2 мг/мл.

Т а б л и ц а 1

Ультрафиолетовый абсорбирующий гамма-спектр (0,035 мг/мл)

Время воздействия, мин	225 нм		280 нм	
	концентрация, С, мг/мл	изменение концентрации ΔС, %	концентрация, С, мг/мл	изменение концентрации ΔС, %
начало	2,034		0,4644	
30	1,8773	7,7	0,4128	11,1
60	1,6071	21,0	0,3510	23,1

При воздействии ультразвуку в течение 4-6 часов распад хлорфенола прекращается, потому что при кавитации происходит насыщение ионами H^- и OH^- (свободный). При понижении концентрации хлорфенола, H^- и OH^- взаимодействуют между собой, и происходит образование воды (H_2O).

Т а б л и ц а 2

Ультрафиолетовый абсорбирующий гамма-спектр (2 мг/мл)

Время воздействия, мин	225 нм		280 нм	
	концентрация, С, мг/мл	изменение концентрации ΔC , %	концентрация, С, мг/мл	изменение концентрации ΔC , %
начало	1,8349		0,3660	
60	1,7865	2,6	0,3586	2,0

Из анализа таблиц 1 и 2 можно сделать вывод, что концентрация хлорфенола увеличена в 60 раз, распад хлорфенола в 10 раз больше, поэтому для более эффективной очистки лучше повышать концентрацию вредных веществ в исходном растворе.

При химической очистке путем добавления перекиси водорода H_2O_2 в количестве 0,5 мл на 200 мг в раствор с концентрацией хлорфенола 0,035 мг/мл через 120 минут количество хлорфенола уменьшилось на 19,2 %.

При совместном воздействии перекиси водорода H_2O_2 и ультразвука с частотой $f=1,7$ МГц и мощностью $N=1,5$ Вт/см² в течении того же промежутка времени, концентрация хлорфенола уменьшилась на 69,7%.

Результаты воздействий сведены в таблицу 3.

Т а б л и ц а 3

Сводная таблица воздействий

Вид воздействия	Время, мин	изменение концентрации ΔC , %
Ультразвук	120	32,4
H_2O_2	120	19,2
Ультразвук + H_2O_2	120	69,7

Применение кавитации позволяет интенсифицировать процесс химической очистки, т. е. ту же степень очистки можно получить за меньшее время [3].

Список литературы:

1. Промтов М. А. Пульсационные аппараты роторного типа: теория и практика. – М.: Машиностроение; 2001. – 260 с.
2. Chen Jian, Xiao Kaijun, Guo Siyuan, Li Lin. Ultraonic enhancement of ultrafiltration [J]. Acta acustica 2002(21).45-48.
3. Wan Hai, Hao Hon wei, chen yi fang, hu yi sheng, lv zhao lin. study on Degradation of p-Chlorophenol and Its Degradation Mechanism Using High Frequency Ultrasound [J]. Environmental protection of chemical industry, 2002(10), 257-261

Кафедра «Машины и аппараты химических производств»

Направление 550100

СТРОИТЕЛЬСТВО

Магистерская программа 550101

Теория и проектирование зданий и сооружений

Матрохин А.В., Переделкин А.В., Шкутов А.С.

ОСАДКА ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ШТАМПОВ НА ПЕСЧАННОМ ОСНОВАНИИ

Исследованию осадки прямоугольных бетонных и железобетонных штампов на песчаном основании при действии системы плоских сил уделяется достаточно много внимания [1...4].

Данная работа посвящена экспериментальным исследованиям осадки прямоугольных бетонных и железобетонных штампов с одинаковой площадью контакта, разной толщиной с различным армированием (расхождение в площадях не более 0.4 %), а также под действием внецентренных нагрузок с основанием и поиску оптимальных конструктивных решений.

Для проведения экспериментальных исследований были изготовлены 40 штампов, 20 армированных штампов с различной (20,30,40,50 мм) толщиной и способами армирования и 20 не армированных штам-

пов с различной толщиной(20,30,40,50мм) из мелкозернистого бетона классом В20. Повторность экспериментов 2.

Бетонные штампы:

1. Штамп 400х400х20 (П-5)
2. Штамп 400х400х30 (П-6)
3. Штамп 400х400х40 (П-7)
4. Штамп 400х400х50 (П-8)

Железобетонные штампы:

Способы армирования:

5. Штамп 400х400х20 армированный арматурной сеткой диаметром 2мм класс Вр-I, размер ячейки 40х40мм (П-1)
6. Штамп 400х400х30 армированный арматурной сеткой диаметром 3мм класс Вр-I, размер ячейки 40х40мм (П-2)
7. Штамп 400х400х40 армированный арматурной сеткой диаметром 4мм класс Вр-I, размер ячейки 40х40мм (П-3)
8. Штамп 400х400х50 армированный арматурной сеткой диаметром 5мм класс Вр-I, размер ячейки 40х40мм (П-4)

Арматура располагалась равномерно. Основанием служил маловлажный пылеватый песок послойно уплотненный до плотности равной 1.58г/см³.

Испытания проводили в лотке с размерами 2х2.5х1.5 м. Нагрузку передавали с помощью гидравлического домкрата, контроль усилия осуществлялся с помощью образцового динамометра на сжатие (ДОС-5).

Осадка штампа определялась по показаниям двух индикаторов часового типа (ИЧ-5), с ценной деления 0.01 мм. Нагрузка подавалась ступенчато по 0.2 от максимальной нагрузки, с выдержкой по 10 мин. на каждой ступени. Нагрузка прикладывалась центрально и внецентренно с эксцентриситетом равным 100 мм.

На рис. 1,2 приведены графики зависимости осадки штампов от нагрузки, приложенной центрально и внецентренно, с эксцентриситетом равным 100 мм соответственно.

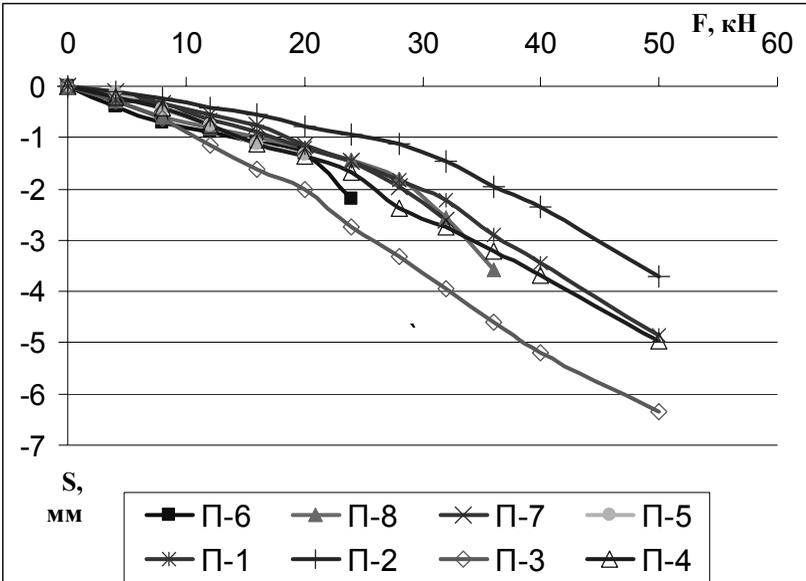


Рис. 1. Графики зависимости осадки штампов от нагрузки

Анализ приведенных зависимостей показал, что при базовом отношении для прямоугольного армированного штампа равного, при центральном сжатии штампы ведут себя практически одинаково, что объясняется практически равным объемом грунта вовлекаемым в работу.

Не армированный штамп по мере нагружения разрушался, разрушение происходило по центру, первоначально образовывалась тонкая трещина толщиной с волос, затем по мере нагружения штамп разламывался на две части.

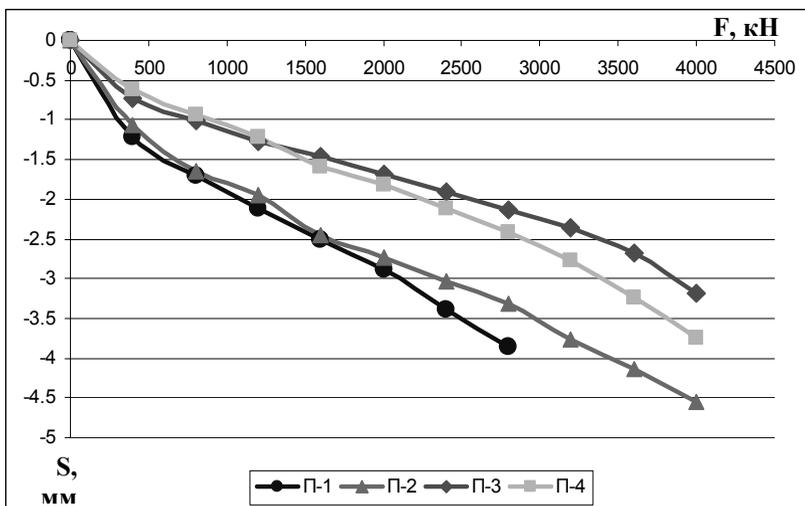


Рис. 1. Графики зависимости осадки штампов от нагрузки при внецентренном приложении силы

При внецентренном действии штампы толщиной 20 и 30мм разрушились, разрушение происходило аналогично.

Список литературы:

1. Ю. Ф. Тугаеф. Деформации оснований кольцевых фундаментов.- Основания, фундаменты и механика грунтов. 1985, №4.
2. М. А. Бородин, В. Г. Шаповал, В. Б. Швец. Исследования осадок основания фундаментов.- Основания, фундаменты и механика грунтов. 2001, №1.
3. А. В. Худяков, В. В. Леденев, В. М. Струлев. К расчету армирования фундаментов сооружений башенного типа. // Труды ТГТУ, вып. №6, Тамбов. 2001.
4. А. В. Худяков. Опыты с кольцевыми штампами. // Расчет и проектирование оснований и фундаментов в сложных инженерно-геологических условиях. Межвузовский сборник научных трудов. Воронеж. 1992.

*Работа выполнена под руководством проф. кафедры
«Конструкций зданий и сооружений»
Леденёва В. В.*

ВЛИЯНИЕ КЛЕЕВОГО ШВА НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ПЕНОПОЛИСТИРОЛА В ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ

При дополнительном утеплении зданий в качестве утеплителя широкое распространение получил пенополистирол. Одним из основных его недостатков является низкая долговечность. Это приводит к существенному удорожанию эксплуатации зданий за счёт увеличения числа ремонтов, связанных с заменой утеплителя.

Как указывалось ранее [1], одним из способов повышения долговечности утеплителя является его армирование сеткой из полимера или стекловолокна. Сетку к плите пенополистирола приклеивают.

В данной работе рассмотрено влияние марки клея и местоположения клеевого шва на долговечность утеплителя. Образцы в виде прямоугольных брусков габаритными размерами 20*25*120 мм вырезали из плиты с помощью раскалённой нихромовой проволоки. Клеевой шов располагали на 1/4, 1/2 и 3/4 толщины образца. Элементы образца соединяли клеями ПВА и Перлфикс.

Испытания при поперечном изгибе проводили на специальном стенде 2 в режиме заданного постоянного напряжения (σ) и температуры (T). В результате фиксировали время до разрушения (τ). Экспериментальные данные обработанные в координатах $\lg \tau - \sigma$ и $\lg \tau - 1/T$ показаны на рисунке 1.

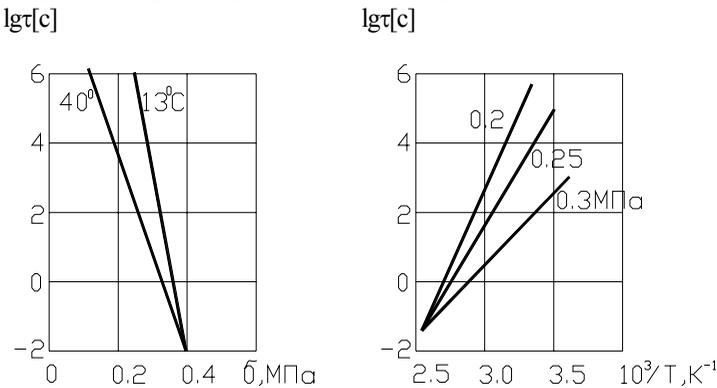


Рис. 1. Зависимость долговечности от напряжения и температуры образцов из ПСБ-С М-35, соединенных по толщине 1:1 клеем ПВА

Из рисунка видно, что полученные зависимости представляют собой семейство сходящихся прямых и описываются уравнением:

$$\tau = \tau_m \exp\left[-\frac{u_0 - \gamma\sigma}{RT} \left(1 - \frac{T}{T_m}\right)\right] \quad (1)$$

где τ_m и T_m – физические константы материала ; τ_m - период колебания кинетических единиц ; u_0 - максимальная энергия активации разрушения ; γ - структурно-механическая константа ; T_m - предельная температура разложения или размягчения твердого материала ; R - универсальная газовая постоянная .

Величины констант рассчитали по экспериментальным зависимостям графоаналитическим способом[2]. Они приведены в таблице 1.

Таблица 1

Значения физических констант пенополистирола

Марка пенополистирола	Вид клея	Соотношение толщин соединяемых элементов образца	Константы			
			τ_m, c	$u_0, \text{кДж/моль}$	$\gamma, \text{кДж/мольМПа}$	$T_m, \text{К}$
ПСБ-С М15	-	1:0	10^{45}	186	1160	556
ПСБ-С М15	ПВА	1/2:1/2	10^{15}	312	3050	444
ПСБ-СМ-35	-	1:0	10^{29}	200	515	526
ПСБ-СМ-35	ПВА	1/2:1/2	10^{15}	390	1030	393
ПСБ-СМ-35	Перл фикс	1/4:3/4	10^{27}	200	314	667

Из таблицы видно, что склеивание элементов по толщине образца 1/2:1/2 клеем ПВА приводит к эффекту кратности [3], ранее наблюдаемому при разрушении фенольных композитов, наполненных стекловолокном различной длины. А именно, при соединении в образец двух элементов равной толщины величины констант u_0 и γ увеличивается приблизительно вдвое.

Поэтому, оба элемента в образце работают последовательно. В начале разрушается нижний, а клеящая прослойка выполняет роль арматуры. После ее разрыва в работу вступает верхний элемент. Предельная прочность пенополистирола $\sigma_0 = u_0/\gamma$ практически на зависит от конструкции образца.

При соотношении толщин соединяемых элементов 1/4:3/4 эффект кратности пропадает, поскольку сопротивление разрушения верхнего элемента несоизмеримо с сопротивлением нижнего, который определяет долговечность образца.

Предельная прочность склеенных перлфиксом в 1,5 раза выше исходного пенополистирола.

Выводы:

Местоположение клеевого шва по толщине плит пенополистирола и марка клея оказывает существенное влияние на долговечность утеплителя, что необходимо учитывать при проектировании ограждающих конструкций здания.

Список литературы:

1. Оводков И. В., Ярцев В. П. Влияние армирующей сетки на прочность пенополистирола в ограждающих конструкциях/ Сборник статей магистрантов. Выпуск 1. Часть 2.- Тамбов, 2005.- с.80-82

2. Ярцев В. П. Прогнозирование работоспособности полимерных материалов в деталях и конструкциях зданий сооружений. Учебное пособие. Рекомендовано УМО РФ в области строительства – Тамбов, 2001. – 149 с.

3. Ярцев В. П. Длительная прочность реактопластов с волокнистыми наполнителями различной природы/Вестник машиностроения, 1981, №, с. 43-44.

*Работа выполнена под руководством д. т. н., проф. кафедры
«Конструкции зданий и сооружений»
Ярцева В. П.*

ПРОЧНОСТЬ АСБЕСТОЦЕМЕНТНЫХ ТРУБ В АГРЕССИВНОЙ СРЕДЕ И ИХ ТЕРМИЧЕСКОЕ РАСШИРЕНИЕ

В ранних исследованиях асбестоцементных труб выявили, что наиболее опасной средой, приводящую к резкому снижению прочности асбестоцементных труб в процессе эксплуатации является серная кислота, а именно 0,1N раствора, разрушавшая образцы без защитного покрытия. Для исследований были изготовлены образцы (120x10x5 мм) и выбраны агрессивные среды: соляная кислота (HCl), серная кислота (H₂SO₄), аммиак (NH₃), нефтепродукт. Испытания проводили при поперечном изгибе на специальных стендах при заданной скорости нагружения (кратковременные испытания) или заданных постоянных напряжениях и температуре (длительные испытания)[1]. Динамику коррозионного процесса контролировали путем измерения прочности образцов после выдержки их в 0,1N растворах агрессивных сред

Условия, при которых были выполнены испытания асбестоцементных образцов на химическую стойкость, могут быть оценены как весьма жесткие, но в действительности от концентрации находящихся в канализации тионовых бактерий зависит количество образуемой серной кислоты. Этому микробиологическому показателю пропорциональна и скорость коррозии труб.

Для защиты внутренней поверхности трубы использовался лак ВВМ-М и материал на основе полимера, в состав которого входит ацетон и бензин[1].

Прочность асбестоцементных труб проверялась на образцах квадратной формы 30x30x30 мм, замачиваемых в 0,1N раствора серной, на длительное время, до 60 суток. На рис.1 показана зависимость, характеризующая предел прочности образцов, подвергнутых раствору, с течением времени. Испытания производились на прессе ИП-500. Предел прочности при осевом сжатии $\sigma_{сж}$ равен частному от деления разрушающей силы $P_{разр}$ на первоначальную площадь поперечного сечения образца:

$$\sigma_{сж} = P_{разр} / F \quad (1)$$

Из рисунка видно, что образцы с защитным покрытием обладают большей прочностью по сравнению с непокрытыми, при этом полимерная пленка при более длительном воздействии на нее раствора серной кислоты еще более упрочняется.

$\sigma_{разр}$

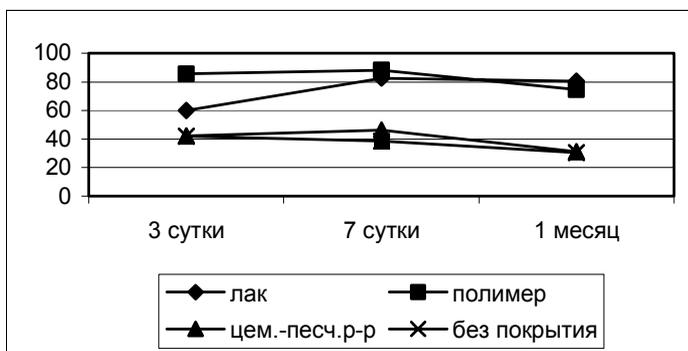


Рис. 1. Определение предела прочности покрытых асбестоцементных образцов в различных интервалах времени

В процессе эксплуатации асбестоцементные трубы иногда подвергается воздействию повышенных температур. При этом происходит изменение ее размеров, вызывающее в материале значительные термические напряжения. В связи с этим возникает необходимость изучения поведения материала в свободном состоянии при нагревании с заданной скоростью.

Исследования асбестоцементных образцов размером 5x10x30 мм проводились в линейном dilatометре при скорости нагрева 1,65 °C/мин. Полученные результаты представлены на рисунке 2.

$\Delta L \cdot 10^{-2}$ мм

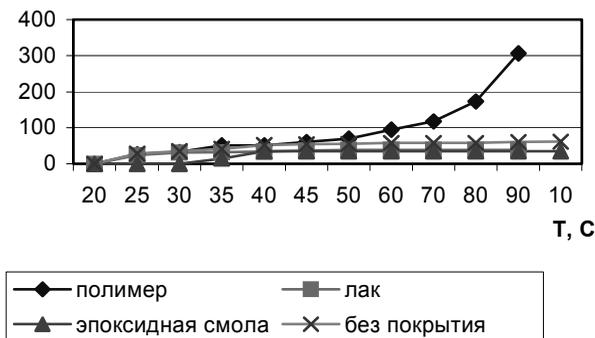


Рис. 2. Дилатометрические кривые для защищенных покрытием асбестоцементных образцов

По аналогии с кривой ползучести дилатометрические кривые можно разбить на два участка. Первый соответствует интервалу температур от 20 до 45⁰С. На этом участке происходит резкое удлинение образцов, после чего наступает стабилизация процесса (второй участок). Из рисунка видно, что образцы, покрытые полимером обладают наибольшим расширением. Причина заключается в высокой текучести полимера, тогда как сам асбестоцемент не деформировался.. По полученным кривым определили коэффициенты линейного термического расширения

$$\alpha = \frac{1}{l_0} \frac{\Delta l}{\Delta T} , \quad (2)$$

где α – коэффициент линейного термического расширения, 1/ ⁰С; l_0 – первоначальная длина образца, мм; Δl – удлинение образца (мм) при изменении температуры на величину ΔT ⁰С.

Так как зависимости не являются прямолинейными, их разбивают на линейные участки. Для каждого участка находится коэффициент линейного термического расширения. И затем определяется α_{cp} по формуле

$$\alpha_{cp} = \frac{\alpha_1 \Delta T_1 + \dots + \alpha_n \Delta T_n}{\Delta T_1 + \dots + \Delta T_n} . \quad (3)$$

Коэффициент линейного термического расширения приводится в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Влияние покрытия на коэффициент линейного термического расширения асбестоцементных труб

	Вид покрытия			без покрытия
	полимер	эпоксидная смола	лакВВМ-М	
$\alpha \cdot 10^{-6}$	1550	168,9	165	262

Таким образом, эксперимент по определению коэффициента термического расширения показал, что покрытые образцы в комплексе повышают долговечность асбестоцементных труб.

Список литературы:

1. Семьянинова М.В., Кожухина О.Н., Корчагина О.А. Способы защиты асбестоцементных труб от агрессивных сред/Сборник статей магистрантов по материалам научной конференции 15-17 февраля 2005года. Выпуск1. Часть2.- Тамбов, 2005.- с.85

2. Киселёва О.А., Ярцев В.П. Влияние плотности на термическое расширение древесных плит //

3. Кожухина О.Н., Ярцев В.П. Влияние агрессивных сред на долговечность асбестоцементных труб.// Эффективные строительные конструкции: теория и практика. Сборник статей II Международной научно-технической конференции.- Пенза, 2003.- с.208-211.

4.. Прошин А.П., Кислицына С.Н. Реологические свойства полимерных композитов/ В сб.: Тезисы докладов III международной научно-практической конференции «Вопросы планировки и застройки городов», Пенза, 23-24 мая 1996. – с.68.

*Работа выполнена под руководством к. х. н., доц. кафедры
«Конструкции зданий и сооружений»
Корчагиной О. А.*

Старков А. В.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АРМИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОСНОВАНИЯ ПРИ СЛОЖНЫХ СИЛОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Статья посвящена исследованию вопросов армирования оснований внецентренно нагруженных фундаментов наклонными металлическими сетками. В задачи исследований входило экспериментальное изучение влияния различных параметров нагрузки (эксцентриситета приложения и угла наклона нагрузки) и характеристик армирования (расположение арматуры) на деформативность и несущую способность армированного основания фундаментов.

Эксперименты с заглубленной моделью проводились в металлическом лотке-установке размерами $1 \times 1,85 \times 0,5(h)$ м, заполненным песком и оснащенный рычажной системой. Нагрузку создавали с помощью грузов, укладываемых на подвеску рычага с передаточным числом 1:10. В качестве основания использовался песок из Красненского карьера города Тамбова. Степень неоднородности по Хазену $C_u = d_{60}/d_{10} = 2,8$ – песок однородный. Влажность грунта основания находилась в пределах от 8 до 12%.

В качестве модели фундамента использовали цилиндрическую модель диаметром $D=130$ мм и $h=150$ мм; контактная поверхность модели – гладкая.

В ходе испытаний определялась осадка (s), крены (i) и горизонтальные перемещения (u) во всем диапазоне нагрузок. Горизонтальные перемещения измерялись одним, вертикальные перемещения измерялись двумя индикаторами часового типа ИЧ-10, укрепленными на реперной раме. Крен вычислялся как отношение разности вертикальных перемещений противоположных точек модели к расстоянию между точками крепления индикаторов.

Степень нагружения принималась 0,1 от предполагаемой разрушающей. Каждая ступень нагружения выдерживалась до условной стабилизации осадок (0,1 мм/0,5 час).

Перед исследованием армированного основания провели серию опытов по определению несущей способности и деформативности неармированного основания.

Эффективность армирования оценивается исходя из следующих параметров:

-относительная несущая способность \overline{F}_{su}

$$\overline{F}_{su} = F_{su} / F_u$$

где F_{su} и F_u – несущая способность армированного и неармированного оснований;

- относительная осадка \overline{S}_{su}

$$\overline{S}_{su} = S_{su} / S_u$$

где S_{su} и S_u - осадка центра фундамента на армированном и неармированном основании при действии одинаковой нагрузки;

- относительный крен \overline{i}_{su}

$$\overline{i}_{su} = i_{su} / i_u$$

где i_{su} , i_u - крен фундамента на армированном и неармированном основании при действии одинаковой нагрузки;

- относительное горизонтальное перемещение \overline{u}_{su}

$$\overline{u}_{su} = u_{su} / u_u$$

где u_{su} , u_u - горизонтальные перемещения фундамента на армированном и неармированном основании при действии одинаковой нагрузки;

- удельная несущая способность \overline{F}

$$\overline{F} = F_{su} / V_s$$

где V_s , - объём материала арматуры.

В экспериментах изменяли: относительный эксцентриситет приложения нагрузки $\overline{e}_0 = e_0/R = -0,5; 0; +0,5$ (e_0 - эксцентриситет приложения силы, R - радиус модели, штампа), угол наклона нагрузки $\alpha=5^\circ; 15^\circ; 25^\circ$, угол наклона арматурной сетки $\beta=5^\circ; 15^\circ; 25^\circ$ относительное заглубление арматурной сетки $\overline{h}_s = h_s/D = 0,04; 0,23; 0,42; 0,62; 0,81$ - для модели (h_s - глубина заложения сетки от подошвы фундамента). Неизменными оставались следующие параметры: относительное заглубление модели $\overline{\lambda} = h/D=1$ (h - глубина погружения модели, D - диаметр) раз-

мер арматурной сетки 150x150 мм, диаметр стержней $d=4$ мм, шаг 30 мм.

В данной статье рассмотрим серию опытов в которой относительный эксцентриситет приложения силы $\bar{e}_0 = -0,5$, относительное заглубление арматурной сетки $\bar{h}_s = 0,04$, а углы α и β изменялись. Схема армирования для данной серии опытов показана на рис. 1.

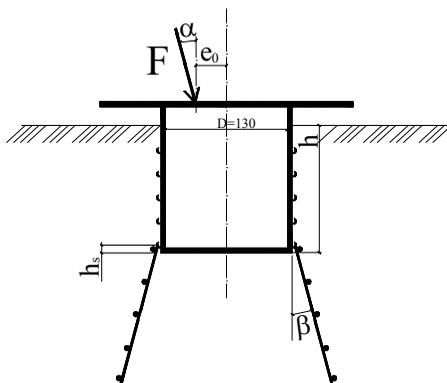


Рис. 1. Схема армирования основания

Общие выводы к данной серии опытов:

1. При неизменном угле наклона силы $\alpha=5^\circ$ изменяли угол наклона арматурных сеток $\beta=5^\circ; 15^\circ; 25^\circ$, максимальная несущая способность была получена при $\beta=5^\circ$, т.е. когда армирующий элемент располагается параллельно линии действия силы. При такой схеме армирования несущая способность армированного основания превысила несущую способность не армированного основания в 1,4 раза. Осадка модели фундамента при армировании составила всего 35% от осадки при отсутствии армирования на момент разрушения не армированного основания. Крен модели на не армированном основании превысил крен на армированном основании более чем в 13 раз. Горизонтальные перемещения модели при использовании армирования составили 14% от горизонтальных перемещений модели при отсутствии армирования.

2. При $\alpha=15^\circ$ максимальная несущая способность была получена когда $\beta=25^\circ$. При таком варианте армирования и приложении силы применение армирующих элементов повысило несущую способность основания по сравнению с вариантом без арматуры более чем на 57%.

Скорость развития деформаций основания составила 0,263 для осадки и 0,11 для крена, т.е. осадка и крен при использовании армирования почти в 4 и 9 раз меньше, чем те же параметры, но без армирования. Горизонтальные перемещения модели при тех же параметрах армирования и нагружения, на момент разрушения, не армированного основания, вообще не сдвинулись с места. Т.е. модель не получила ни какого горизонтального перемещения при использовании армирования на той ступени нагружения когда не армированное основание уже разрушилось.

3. При $\alpha=25^\circ$ максимальная несущая способность была получена когда $\beta=25^\circ$. Опять же видно, что наиболее эффективно расположение армирующего элемента по линии действия силы в сторону развития горизонтального перемещения. При таких параметрах армирования и нагружения, несущая способность армированного основания почти в 1,57 раза выше, чем несущая способность не армированного основания. Осадка и крен армированного основания почти в 3 раза меньше, чем осадка и крен не армированного основания. Горизонтальное перемещение при использовании армирующих элементов снизилось по сравнению с не армированным основанием на момент разрушения последнего почти в 9 раз.

4. В большинстве из проведенных опытов не зависимо от угла наклона прикладываемой силы (α) наибольшее значение разрушающей нагрузки было получено, когда угол наклона армирующих элементов $\beta=25^\circ$. Т.е. такое расположение армирующих элементов наиболее эффективно влияет на снижение деформационных параметров основания.

5. При неизменном угле наклона армирующих элементов (β), максимальное значение разрушающей нагрузки было зафиксировано при $\alpha=25^\circ$. Т.е. при таком положении прикладываемой силы, основание имеет максимальную способность к сопротивлению разрушению.

*Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Кафедры
«Конструкции зданий и сооружений»
Антонова В. М.*

ТЕРМИЧЕСКОЕ РАСШИРЕНИЕ ФАНЕРЫ

В процессе эксплуатации фанера подвергается воздействию повышенных температур. При этом происходит изменение ее размеров, вызывающее в материале значительные термические напряжения. В связи с этим возникает необходимость изучения поведения материала в свободном состоянии при нагревании с заданной скоростью.

Исследования на фанере (ФСФ) проводились в линейном dilatометре при скорости нагрева $1,65\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{мин}$. Полученные результаты представлены на рисунке 1.

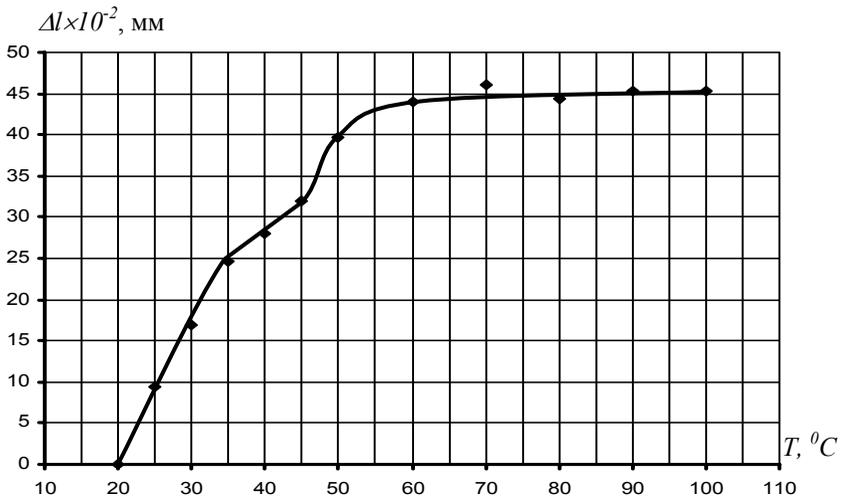


Рис. 1. Дилатометрические кривые для фанеры при скорости нагрева $1,65^{\circ}\text{C}/\text{мин}$

Из рисунка видно, что зависимость имеет экспоненциальный характер. По своему виду они напоминают кривые ползучести твердых материалов. По аналогии с кривой ползучести дилатометрические кривые можно разбить на два участка. Первый соответствует интервалу температур от 20 до 55°C . На этом участке происходит резкое удлинение образцов, после чего наступает стабилизация процесса (второй участок) [1]. По полученным кривым определили коэффициенты линейного термического расширения

$$\alpha = \frac{1}{l_0} \frac{\Delta l}{\Delta T}, \quad (2)$$

где α – коэффициент линейного термического расширения, $1/^\circ\text{C}$; l_0 – первоначальная длина образца, мм; Δl – удлинение образца (мм) при изменении температуры на величину ΔT $^\circ\text{C}$.

Так как зависимости не являются прямолинейными, их разбивают на линейные участки. Для каждого участка находится коэффициент линейного термического расширения. И затем определяется α_{cp} по формуле

$$\alpha_{cp} = \frac{\alpha_1 \Delta T_1 + \dots + \alpha_n \Delta T_n}{\Delta T_1 + \dots + \Delta T_n}. \quad (3)$$

Коэффициент линейного термического расширения приводится в таблице 1.

Коэффициент линейного термического расширения $\times 10^{-6}$, $1/^\circ\text{C}$	
Древесина	Фанера ФСФ
3,96	1,483

Т а б л и ц а 1

Влияние скорости нагрева на коэффициент линейного термического расширения фанеры и древесины

Для древесины различных пород коэффициент линейного термического расширения, находится в пределах $3 \div 5 \times 10^{-6}$ $1/^\circ\text{C}$ [2,3]. Коэффициент линейного термического расширения фанеры в 2,7 раза меньше, чем у древесины, что, по-видимому, связано со структурой материалов. У древесины расширяются отдельные волокна, а у фанеры целиком шпон.

Вывод: Из полученных данных следует, что фанера менее чувствительна к температуре, чем древесина. Ее применение не требует устройства температурных швов в зданиях.

Список литературы:

1. Киселёва О. А., Ярцев В. П. Влияние плотности на термическое расширение древесных плит //
2. Кисина А. И., Куценко В. К. Полимербитумные кровельные и гидроизоляционные материалы. Л., 1983. – 289 с.

3. Киселёва О. А. Прогнозирование работоспособности древесно-стружечных и древесноволокнистых композитов в строительных изделиях // Дис... к-та техн. наук: 05.23.05. – Воронеж. – 2003. – 205 с.

*Работа выполнена под руководством
к. т. н, ст. препод. Киселевой О. А. и д. т. н., проф. Ярцева В. П.
кафедры «Конструкции зданий и сооружений»*

ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ НА САМОНАПРЯГАЮЩЕМ БЕТОНЕ

Применение бетонов на напрягающем цементе в железобетонных конструкциях позволяет повышать трещиностойкость или уменьшать размеры сечения элементов, обеспечивать повышенную водонепроницаемость в гидротехнических сооружениях без устройства дополнительной гидроизоляции, увеличивать расстояние между деформационными швами и сокращать их количество в протяжных сооружениях.

Для выбора оптимальных размеров поперечного сечения самонапряженных железобетонных конструкций наряду с традиционными методами расчета рекомендуется прямой метод в относительных единицах всех параметров. Он позволяет не задаваясь величинами характеристик сечения, ожидаемых потерь напряжений и используя метод разделения переменных, найти окончательные уравнения путей составления матриц различных возможных решений (конкретных размеров конструкций и его армирования).

Эти матрицы с точки зрения расхода металла, бетона или стоимости позволяют выбрать окончательные параметры.

Для характеристики сопротивления бетонного сечения действию растяжения и изгиба вводятся коэффициенты:

$$\eta = bhR_{Bt, sen}; \quad \mu = h \cdot \eta = bh^2 R_{Bt, sen};$$

С их помощью усилия в арматуре выражаются в относительных величинах

$$\Psi_{sp} = \frac{N}{\eta}; \quad \Psi'_{sp} = \frac{M}{\mu};$$

где b и h - предполагаемые размеры сечения, $R_{Bt, sen}$ нормативное сопротивление бетона растяжению, N и M - продольное усилие и изгибающий момент. Уравнения равновесия сил составляются в относительных величинах.

Рекомендуемые относительные величины удельных сопротивлений бетонов и относительных расстояний от места приложения равнодействующей всех сил сжатия до низа конструкций приведены в «Пособии по проектированию самонапряженных железобетонных конструкций» (к СНиП 2.03.01-84).

Используя прямой метод, была рассчитана балка покрытия пролетом 12 м двутаврового поперечного сечения, загруженная равномерно

распределенной расчетной нагрузкой $q = 23,6 \text{ кН/м}$ с сильно агрессивной средой, где раскрытие трещин недопустимо.

Для расчета и выбора основных параметров балки нет необходимости предварительно задаваться видом армирования балки, способом изготовления и условиями эксплуатации. Эти параметры могут быть выбраны в результате экономического сопоставления нескольких вариантов на последнем этапе расчета и конструирования.

При расчете балки изменяли ее высоту, толщину стенки, класс бетона и арматуры. При равных условиях производства конструкций одного типа допустимо экономическое сопоставление вариантов по суммарной стоимости исходных материалов, которое приведено в таблице

Т а б л и ц а

Стоимость материалов на одну балку

высота балки, см	толщина стенки, см	стоимость бетона		стержневая арматура А-IV		проволочная арматура В-II		общая стоимость стержневая проволочная	
		В-40	В-45	В-40	В-45	В-40	В-45	В-40	В-45
80	5	-	19,4		2,21	-	3,32	-	<u>21,61</u>
	6	20,1	23,3	2,13	2,13	3,28	3,28	<u>22,23</u> <u>23,38</u>	<u>22,72</u> <u>25,43</u> <u>26,58</u>
90	5	19	22	1,95	1,95	3,07	3,07	<u>20,45</u>	<u>23,95</u>
	6	22,8	26,4	1,9	1,9	3,07	3,07	<u>22,08</u> <u>24,7</u> <u>25,87</u>	<u>25,07</u> <u>28,3</u> <u>29,47</u>

Стоимость (руб.) приведена в ценах 1984 г.

Из всех вариантов целесообразно выбрать балку высотой $h = 90$ см, с толщиной стенки $b = 5$ см, из бетона В-40, армированной стержневой арматурой. Этот вариант был принят для дальнейшего расчета.

*Работа выполнена под руководством к.х.н., доц.
кафедры «Конструкции зданий и сооружений»
Корчагиной О. А.*

ИСПЫТАНИЯ ШТАМПОВ НА ПЕСЧАНОМ ОСНОВАНИИ

В известных экспериментах, например, в [1] исследовано основание при действии на него жестких штампов. Прочность и деформативность самих моделей практически не рассматривалась. Имеются лишь некоторые данные по данной проблеме [3].

Напряженно-деформированное состояние фундаментов в значительной степени определяется механическими свойствами основания и железобетона, имеющимися дефектами, историей и режимом нагружения и т. д..

В лаборатории кафедры “КзиС” проведены экспериментальные исследования механизма взаимодействия бетонных и железобетонных штампов при действии вертикальной осевой и внецентренной нагрузки.

Изготовлены 90 армированных и 20 неармированных штампов размерами 400х400 мм. Толщины штампов принимали равной 20, 30, 40 и 50 мм. Бетон класса В20, арматура Вр-1. Штампы отличались схемами армирования.

Штамп П-1 (400х400х20) армирован арматурной сеткой из проволоки диаметра 2 мм, размер ячейки 40х40 мм.

Штамп П-2 (400х400х30) армирован арматурной сеткой из проволоки диаметра 3 мм, размер ячейки 40х40 мм.

Штамп П-3 (400х400х40) армирован арматурной сеткой из проволоки диаметра 4 мм, размер ячейки 40х40 мм.

Штамп П-4 (400х400х50) армирован арматурной сеткой из проволоки диаметра 5 мм, размер ячейки 40х40 мм.

Бетонные штампы изготовлены таких же размеров, что и железобетонные: П-5 (400х400х20); П-6 (400х400х30); П-7 (400х400х40); П-8 (400х400х50).

Эксперименты проводили в пространственном металлическом лотке размерами 2х2.5х1.5 м (ДхШхВ). Основанием штампов являлся послойно уплотненный ручными трамбовками маловлажный песок ($\omega \approx 0.05$; $\rho \approx 1.58-1.6$ г/см³).

Нагрузку на штампы передавали через жесткую стальную пластину размером 350х350 мм, гидравлическим домкратом, контроль нагружения производили динамометром ДОС-5.

Результаты опытов приведены на рисунках 1, 2.

Осадку штампа определяли по показаниям двух индикаторов часового типа (ИЧ-10) с ценой деления 0.01 мм. Нагрузку подавали ступенями по 0.1 от максимальной нагрузки, с выдержкой по 10 мин. Нагруз-

ку прикладывали центрально и внецентренно с эксцентриситетом равным 100 мм.

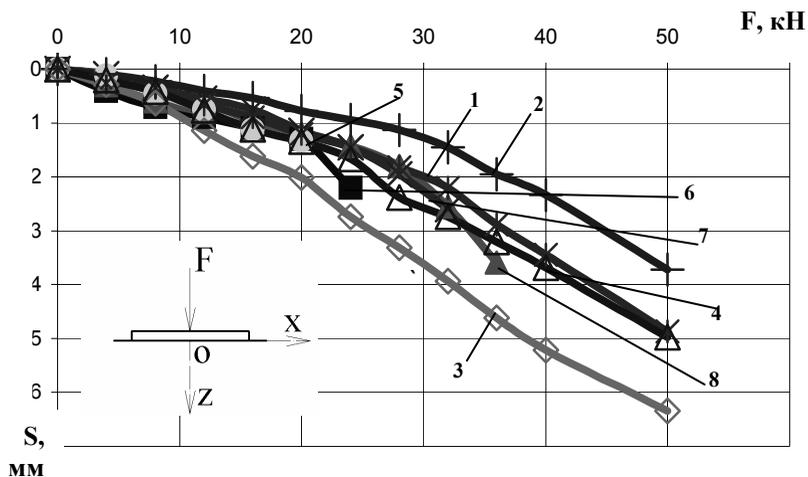


Рис. 1. Графики зависимости осадки штампов от центральной нагрузки для штампов: 1– П-1; 2– П-2; 3– П-3; 4– П-4; 5– П-5; 6– П-6; 7– П-7; 8 – П8

Анализ приведенных зависимостей показал, что графики $S=f(F)$ подобны. В большинстве случаев выпора грунта из под подошвы не наблюдалось. Картины разрушения зависели от схем армирования и нагружения. В армированных штампах трещины не образовывались. Это объясняется недостаточной прочностью грунтового основания. Неармированные штампы разрушались. Сначала возникали волосяные трещины в центральной части штампов, а затем по мере нагружения у краев.

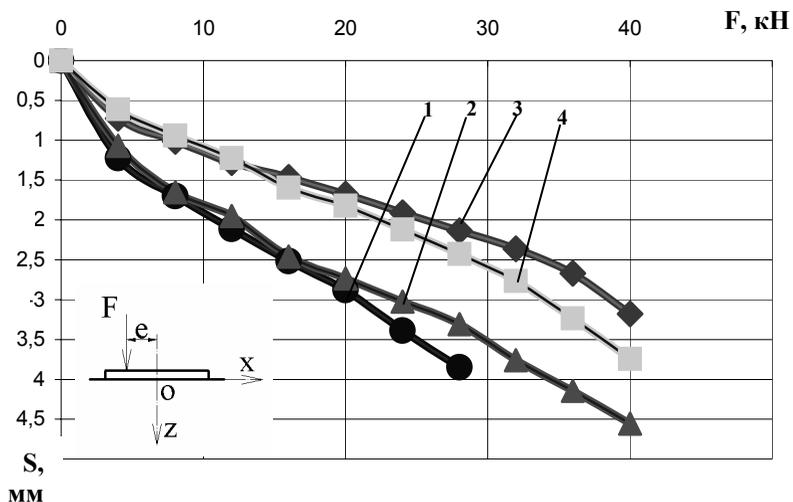


Рис. 2. Графики зависимости осадки штампов от нагрузки при внецентренном приложении силы, для штампов: 1– П-1; 2– П-2; 3– П-3; 4– П-4

При внецентренном действии силы на железобетонные штампы толщиной 20 и 30мм разрушились, механизм разрушения подобен.

Список литературы:

1. Ю. Ф. Тугаеф. Деформации оснований кольцевых фундаментов.- Основания, фундаменты и механика грунтов. 1985, №4.
2. М. А. Бородин, В. Г. Шаповал, В. Б. Швец. Исследования осадок основания фундаментов.- Основания, фундаменты и механика грунтов. 2001, № 1.
3. А. В. Худяков, В. В. Леденев, В. М. Струлев. К расчету армирования фундаментов сооружений башенного типа. // Труды ТГТУ, вып. № 6, Тамбов. 2001.
4. А. В. Худяков Опыты с кольцевыми штампами. // Расчет и проектирование оснований и фундаментов в сложных инженерно-геологических условиях. Межвузовский сборник научных трудов. Воронеж. 1992.

*Работа выполнена под руководством проф. кафедры
«Конструкции зданий и сооружений»
Леденёва В. В.*

Направление 551100

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Магистерская программа 551105

Информационные технологии проектирования электронных средств

Данилкин С.В.

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ

В современном мире уделяется большое значение проблеме ресурсо- и энергосбережения. Одним из вариантов, не требующих больших затрат энергии и топлива, является проектирование и создание машин и аппаратов, работающих с использованием современных методов рационального использования ресурсов.

Решение задачи оптимального управления – это сложное теоретическое исследование. Такие исследования выполняются специалистами высокой квалификации в НИИ, вузах, конструкторских бюро крупных производственных объединений [1].

Математическая теория оптимальных процессов, базирующаяся на принципе максимума, динамическом программировании [2] и прилегающих к ним исследованиях, послужила теоретически обоснованной базой многих работ по анализу разнообразных прикладных задач опти-

мального управления, когда состояние управляемого объекта в каждый конкретный момент времени можно задавать вектором в конечномерном пространстве. Поведение объекта во времени обычно описывается обыкновенными дифференциальными или дифференциально-разностными уравнениями.

Для корректировки работы машин и аппаратов используется программный модуль расчета реального двойного интегратора. В нем рассчитываются значения координат L_1 и L_2 .

$$L_1 = \frac{4}{b\Delta U\Delta t} \left(\Delta z_2 - \frac{a_2}{a} \Delta z_1 \right) - 2\Delta \quad (1)$$

$$L_2 = \frac{4}{b\Delta U\Delta t} \left(\Delta z_2^k - z_2^o e^{a_2\Delta t} \right) - \frac{2\Delta}{a_2\Delta t} \left(e^{a_2\Delta t} - 1 \right) \quad (2)$$

По рассчитанным координатам вычисляется зона (рис. 1), в которую попало значение, и в зависимости от нее определяется функция оптимального управления, и рассчитываются ее параметры. Определяется траектория изменения фазовых координат, значение функционалов минимума затраты энергии и минимума затраты энергии при максимальном быстродействии.

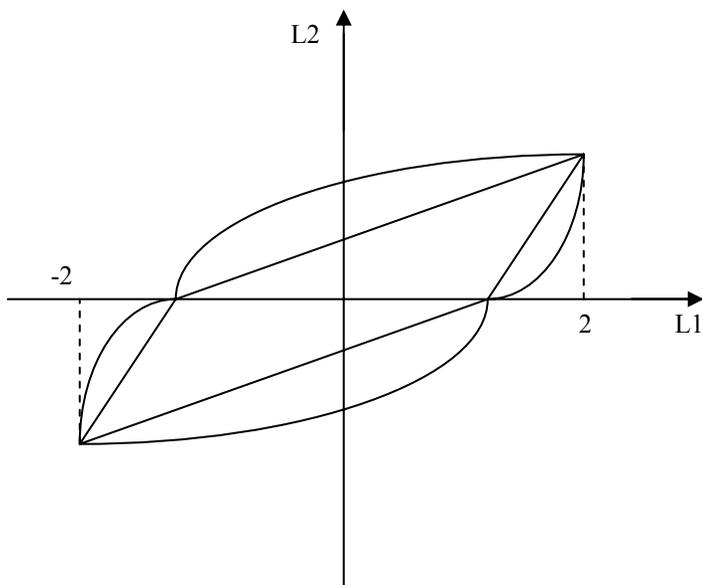


Рис. 1. Визуальное отображение зон для решения задачи оптимального управления

В программном модуле предусмотрен ввод массива реквизитов. При этом программа вычислит зону и предложит решение задачи оптимального управления. Эксперту останется только посмотреть на результат работы программы и принять решение задачи оптимального управления и управления оптимального быстродействия. Для анализа и синтеза оптимального управления в программе заложен метод синтезирующих переменных, разработанный в ТГТУ.

Для реализации программного модуля был выбран язык *PHP*. Он позволяет выполнять расчет не только на локальном компьютере, но и через локальную и глобальную сети через *web*-интерфейс.

Список литературы:

1. Муромцев Ю.Л., Орлова Л.П. Микропроцессорные системы энергосберегающего управления: Учебное пособие. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2001. 80с.
2. Понтрягин Л.С., Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В., Мищенко Е. В., Математическая теория оптимальных процессов. М.: Физматгиз, 1961.

3. Муромцев Ю.Л., Орлова Л.П. Информационные технологии в проектировании энергосберегающих систем управления динамическими режимами. Учебное пособие. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2000. 84с.

*Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. кафедры
«Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»
Артемова С.В.*

УМЕНЬШЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ

Одним из важнейших показателей качества твёрдых материалов являются теплофизические характеристики (ТФХ), а именно тепло- и температуропроводность. Представленная информационно-измерительная система (ИИС) неразрушающего контроля (НК) ТФХ материалов позволяет с допустимой погрешностью определять эти характеристики.

В разработанной ИИС ТФХ материалов применён микроконтроллер (МК) PIC18F8720, который имеет 10-битный аналого-цифровой преобразователь (АЦП). Это позволяет переводить значения аналоговых величин, полученных от измерительного зонда в цифровую форму и использовать при расчётах. Точность преобразования АЦП зависит от стабильности питающего напряжения МК. Величина питающего напряжения $V_{dd} = +5\text{В}$. При этом АЦП имеет возможность измерять входные величины в диапазоне от 0 до V_{dd} .

Абсолютная точность АЦП определяется суммарной ошибкой, исходя из ошибки дискретизации, интегральной ошибки, ошибки шкалы, ошибки смещения и монотонности. Суммарная ошибка определяется как максимальный разброс между текущим и идеальным результатом для любого значения. Абсолютная ошибка АЦП меньше $\pm 1/2$ значащего бита при $V_{DD} = V_{REF}$, но она возрастает при отклонении V_{REF} от V_{DD} [1].

Высокая стабильность питающего напряжения достигается следующим образом: на время аналого-цифрового преобразования микроконтроллер переводится в SLEEP-режим. Из-за дискретизации, которая неизбежна при аналого-цифровом преобразовании, возникает ошибка дискретизации. Эта ошибка составляет $\pm 1/2$ значащего бита.

В разработанной системе АЦП преобразует сигналы в диапазоне от 2 до 5 В, поэтому ошибка $\pm 1/2$ значащего бита практически не влияет на результат преобразования.

На рис. 1 изображена эквивалентная схема аналогового входа микроконтроллера [1].

Усилитель имеет выходное сопротивление R_s . Входная ёмкость аналогового входа составляет $C_{Pin} = 5\text{пФ}$, входное сопротивление – $R = 1\text{К}$. Запоминающий конденсатор подключается к входу при помощи

ключа. Запоминающий конденсатор заряжается до величины напряжения источника сигнала и это напряжение преобразуется в цифровой сигнал. Перед

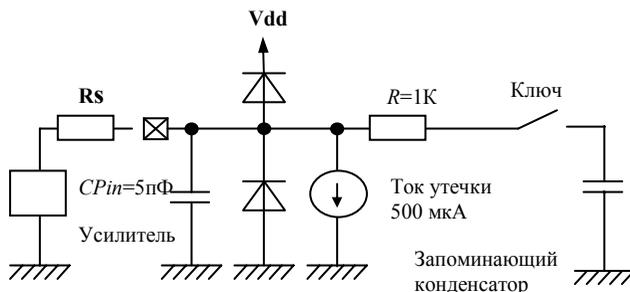


Рис. 1. Эквивалентная схема аналогового входа

преобразованием необходимо, чтобы напряжение на конденсаторе стабилизировалось. Для этого необходимо перед аналого- цифровым преобразованием сделать паузу, равную 15 мкс [1]. После стабилизации напряжения можно осуществлять преобразование. Чтобы конденсатор успел зарядиться до напряжения источника сигнала, необходимо проводить преобразование в течение 50 мкс.

Тактируется микроконтроллер от встроенного RC - генератора. При этом в *SLEEP* режиме отсутствуют цифровые шумы, так как остальные узлы микроконтроллера не функционируют, поэтому точность преобразования получается высокой.

В разработанной системе источниками входных сигналов являются усилители, осуществляющие усиление сигнала, поступающего с измерительного зонда до необходимого уровня. Усилители реализованы в соответствии со схемой, обеспечивающей высокую стабильность коэффициентов усиления. Это так же позволяет уменьшить погрешность измерений.

Таким образом, разработанная ИИС НК ТФХМ позволяет осуществлять измерения ТФХ твёрдых материалов с допустимой погрешностью.

Список литературы:

1. Предко, М. Справочник по *PIC* – микроконтроллерам/ М. Предко. М.: “ДМК Пресс”, 2002.- 512 с.

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем» Селивановой З. М.

Котов И. О.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ИЗМЕРИТЕЛЯ ПАРАМЕТРОВ МАТЕРИАЛОВ В СВЧ ДИАПАЗОНЕ

Для автоматизации измерения параметров материалов в СВЧ диапазоне предлагается использовать микроконтроллер, управляемый с ПК. Блок-схема цифровой части измерителя представлена на рисунке 1.

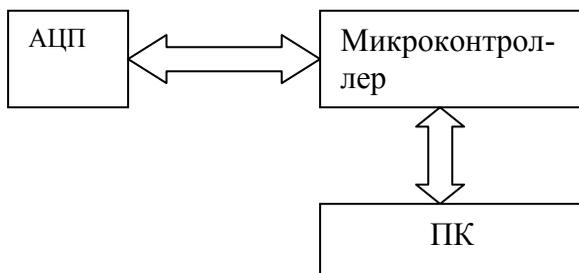


Рис. 1. Блок-схема цифровой части измерителя

Для управления работой всего устройства необходима специальная программа, хранимая в ПЗУ микроконтроллера (МК). Данная программа должна управлять работой АЦП, снимать данные с АЦП и обмениваться данными с ПК через интерфейс RS232.

В операционной системе Windows запрещается прямой доступ к регистрам com-порта, поэтому необходимо, чтобы программы МК и ПК строго придерживались протокола обмена данными через RS232. Этот принцип позволяет использовать стандартные процедуры и функции системы для обмена данными между МК и ПК. Также этот принцип освобождает программиста от написания специфичного для данной ОС драйвера, что упрощает написание кроссплатформенного ПО.

В данном измерителе используется асинхронный обмен данными через интерфейс RS232. С точки зрения обмена данными, МК является пассивным устройством, а ПК – активным, т. е. все действия по оцифровке сигнала и передаче данных выполняются по команде с ПК. ПК выбран активным, т.к. он обладает большей вычислительной мощностью и способен четко управлять процессом измерения. Также ПК может предоставить пользователю множество сервисных функций, таких как построение зависимостей, статистическая обработка данных и т.д.

Для наглядности алгоритм работы программы для МК представлен в виде диаграммы состояний рисунке 2.

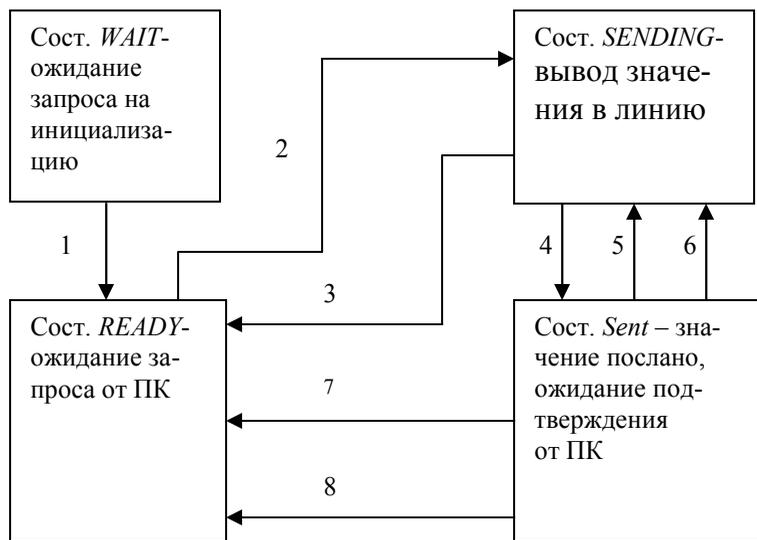


Рис. 2. Диаграмма состояний МК

Программа обеспечивает следующие 4 состояния МК.

Состояние первое – Wait.

В этом состоянии устройство оказывается сразу же после включения питающего напряжения. Здесь оно ожидает от компьютера запроса на инициализацию, который выражается в посылке компьютером символа NUL(00H). Устройство же, в свою очередь, должно в ответ на полученный запрос включить и настроить, если требуется, дополнительные модули и ресурсы, а затем, если все прошло нормально, послать в ПК символ АСК(06H). В случае же ошибки оно должно послать НАК(15H). Таким образом, должна проходить инициализация. При удачной инициализации устройства с последующей посылкой символа АСК(06H), оно автоматически переходит в следующее состояние. Этот переход обозначен стрелкой 1 на диаграмме.

Состояние Ready.

В этом состоянии микроконтроллер ожидает запроса ПК на посылку измеренного значения, считанного с АЦП. Запросом является символ

XON(11H). По принятии этого символа устройство переходит в новое состояние - Sending. Переходу соответствует стрелка 2.

Состояние Sending.

Попадая сюда, микроконтроллер считывает двоичное десятизначное число из АЦП и посылает частями в ПК. В данной реализации происходит преобразование двоичного числа в трехсимвольный шестнадцатеричный эквивалент, например, в <1FF> для десятичного числа 511. Сначала посылаются <1>, затем <F> и т.д. По окончании передачи значения в компьютер, МК переходит в следующее состояние по стрелке 4.

Состояние Sent.

Это состояние является последним и как бы замыкает круг единичного акта общения устройства с компьютером. Здесь от компьютера ожидается подтверждение того, что он правильно принял значение, которое было ему адресовано. Здесь возможными являются несколько вариантов ответа ПК на посланное число: он может ответить об успешном приеме символом XOFF(13H), который будет означать, что больше пока не требуется других значений, а может ответить символом XON(11H), означающим, что нужно еще одно значение. Если принят XOFF(13H), то устройство возвращается в состояние готовности Ready (переход 7 на диаграмме). Если же принят символ XON(11H), то устройство опять оказывается в состоянии Sending (переход 5) и повторяет считывание из АЦП с последующей передачей числа в линию.

Так же возможен случай, когда ПК получил явно неправильное значение, к примеру, вместо символов диапазона <0>...<9> он получил знак <,>. В этой ситуации он посылает устройству символ NAK(15H), который должен трактоваться как запрос на повторную посылку последнего значения, что и происходит: устройство опять переводится в состояние Sending (переход по стрелке 6).

Остались не описанными переходы, обозначенные стрелками 3 и 8 диаграммы. Если компьютер обнаружит серьезную ошибку ввода/вывода или ему понадобится прекратить обмен с устройством, то он просто пошлет инициализационный NUL(00H), по которому произойдет инициализация устройства и оно окажется в состоянии готовности Ready.

В каком бы состоянии не находилось устройство, оно обязано ответить на инициализационный запрос, таким же образом, как и при первичной инициализации (см. состояние Wait). Если же МК получил какой-то неожиданный или неверный символ или запрос, то он всегда должен ответить на него символом NAK(15H).

Такая стратегия является выигрышной, так как подобная организация программы для устройства облегчает выполнение сразу нескольких

задач: МК и ПК не будут обмениваться данными впустую, во-первых, а, во-вторых, они смогут просто и эффективно обмениваться данными.

В данной программе используется стандартный протокол обмена данных через шину RS232, что соответствует современным требованиям к оборудованию для ПК. Вместо com-порта можно использовать шину usb с переходником на RS232. В этом случае com-порт эмулируется средствами ОС. Изменение ПО в этом случае не требуется.

При передаче данных может возникнуть ошибка в отдельном бите. Для обнаружения таких ошибок необходимо ввести контроль ошибок. В простейшем случае можно добавить контроль чётности, т.е. вместе с информационными битами передавать бит чётности и проверять его правильность на ПК. При ошибке можно повторить передачу данных. Такое усовершенствование не требует изменений в аппаратной части, что является его преимуществом.

В измерителе используется микроконтроллер AT89C51 фирмы ATMEL. К преимуществам данного контроллера можно отнести систему команд MCS51, которая является наиболее распространённой, что позволяет использовать средства разработки сторонних производителей. Недостатком данного микроконтроллера является отсутствие интегрированного АЦП, в случае использования в качестве измерителя. Однако внешние АЦП часто обладают лучшими параметрами по сравнению с интегрированными.

*Работа выполнена под руководством ст. преподавателя кафедры
«Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»
Малкова Н. А.*

Нистратов М. И.

СТРАТЕГИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕЖПОВЕРОЧНЫХ ИНТЕРВАЛОВ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ

Производство современной радиотехнической аппаратуры, учет и планирование материальных ресурсов, улучшение качества продукции связано с повсеместным использованием измерительной техники. Совершенствование технологий измерения, возможность определения технического состояния и своевременное выявление возникших дефектов измерительных средств (ИС) является одним из важных условий, от выполнения которого зависит эффективность и надежность их функционирования.

Одной из важнейших характеристик качества ИС является метрологическая надёжность. Под метрологической надёжностью понимают свойство ИС сохранять во времени метрологические характеристики в пределах установленных норм при эксплуатации в заданных режимах и условиях хранения, транспортирования и использования. То есть метрологическая надёжность определяется характером и темпом изменения нормируемых метрологических характеристик исследуемого ИС.

Метрологическая надёжность закладывается при проектировании и разработке ИС, обеспечивается в процессе изготовления и поддерживается правильной организацией эксплуатации этих ИС.

Проблема метрологической надёжности ИС, вообще говоря, возникла с первыми попытками обосновать величину межповерочного интервала для эксплуатируемых ИС. Усложнение измерительной аппаратуры, повышенные требования к точности, применение качественно новых элементов с одной стороны и всё возрастающая роль ИС в производственном процессе с другой ставят задачу разработки научно обоснованных методов оценки метрологической надёжности в число важнейших задач теоретической и практической метрологии.

На сегодняшний день предъявляются высокие требования к точности ИС, и обеспечение метрологической надёжности является достаточно сложной задачей. Для уменьшения затрат, связанных с поддержанием в заданных пределах метрологических характеристик ИС разрабатывается программный комплекс, который позволяет прогнозировать метрологические характеристики ИС в данном временном сечении, а также определять практические рекомендации для эксплуатируемых ИС.

Прогнозирование состояния метрологических характеристик ИС дает возможность при отсутствии экспериментальных данных решить

задачу оценки метрологической надежности ИС на этапе эксплуатации. Построенная математическая модель процесса изменения во времени исследуемой метрологической характеристики позволяет определить показатели метрологической надежности ИС, а также выработать рекомендации по эксплуатации ИС данного типа: выбору межповерочных интервалов, необходимого числа измерений при каждой поверке, первоначального объема выборки ИС при экспериментальных исследованиях и.д. Такие рекомендации используются для прогнозирования состояния исследуемых метрологических характеристик ИС на этапе эксплуатации по мере поступления данных контрольных метрологических поверок.

Разработана программа определения межповерочного интервала ИС, позволяющая по предыдущим наблюдениям за ИС прогнозировать время следующей поверки. Межповерочный интервал главным образом зависит от скорости изменения метрологической характеристики и точности используемого при поверке измерительного прибора. Программа имеет три поля ввода исходных данных: разрешающая способность измерительного прибора, время последней метрологической поверки ИС и математическая модель изменения во времени метрологической характеристики. Программа позволяет вводить различные виды зависимостей изменения во времени метрологической характеристики $S(t)$:

- логарифмическую

$$S(t) = \ln(a_0 + a_1 t); \quad (1)$$

- экспоненциальную

$$S(t) = a_0 \cdot \exp(a_1 t), \quad (2)$$

где t - время эксплуатации ИС, a_0 и a_1 - коэффициенты, характеризующие соответственно начальное значение исследуемой метрологической характеристики и скорость ее изменения во времени;

- полиномиальную

$$S(t) = \sum_{\mu=1}^{\rho} a_{\mu} \cdot t^{\mu}, \rho \leq 3, \quad (3)$$

где ρ - степень полинома, a_{μ} , $\mu = 1 \dots \rho$ - коэффициенты полиномиальной зависимости вида (3), t - время эксплуатации ИС.

Математическая модель изменения во времени метрологической характеристики из зависимостей (1), (2) или (3) вводится в аналитическом виде, программа анализирует строку, определяет тип изменения

метрологической характеристики и вычисляет межповерочный интервал по соответствующей модели формуле. В случае ввода неверных данных программа выдает ошибку и сообщает пользователю ее характер.

Вычисление величины межповерочного интервала по имеющейся математической модели изменения во времени метрологической характеристики позволяет спрогнозировать время предстоящей поверки. По данным эксперимента и математической модели производится проверка адекватности модели и в случае несоответствия модели изменения во времени метрологической характеристики эксперименту производится ее коррекция с последующим использованием скорректированной математической модели для оценки метрологической исправности эксплуатируемого ИС на момент предстоящей метрологической поверки.

Список литературы:

1. Мищенко С.В., Цветков Э.И., Чернышова Т.И. Метрологическая надежность измерительных средств – М.: Машиностроение, 2001. - 218 с.
2. Чернышова Т.И., Чернышов В.Н. Методы и средства неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов – М.: Машиностроение, 2001. – 240 с.
3. Иванников Д.А., Фомичев Е.Н. Основы метрологии и организации метрологического контроля – Нижний Новгород: НГТУ, 2001. – 174 с.

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. кафедры
«Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»
Чернышовой Т. И.*

ПРИМЕНЕНИЕ СМЕШАННО-СИГНАЛЬНЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ НАГРЕВОМ

Одной из актуальных проблем в современном производстве является экономия энергоресурсов. Наиболее востребованной и мало изученной областью оптимального управления (ОУ) является оптимальной управление динамическими режимами [1].

В настоящий момент на кафедре КРЭМС разработана экспертная система ОУ, призванная решать сложные задачи энергосберегающего управления. Входными данными для экспертной системы являются динамические параметры объекта управления. Результатом вычислений является программа управления в виде таблицы.

Представленный в данной статье аппаратный модуль является устройством сопряжения объекта (УСО) управления с персональным компьютером (ПК). УСО позволяет:

- измерять и пересылать в ПК для дальнейшей обработки динамические параметры объекта;
- управлять объектом, используя расчетные данные ЭС.

Данное устройство разработано с применением микроконтроллера *MSP430F169*.

Серия фирмы *Texas Instruments MSP430* – семейство смешанно-сигнальных микроконтроллеров со сверхмалым потреблением энергии, состоящие из нескольких устройств с различной конфигурацией периферийных модулей для различной области применения. За счет 16-разрядной *RISC* архитектуры, 16-разрядных регистров интегрированных в ЦПУ и стабильности генератора *MSP430* достигает максимальной эффективности кода. Генератор с цифровым управлением обеспечивает быстрый выход из экономичных режимов за время не более 6 мкс.

В серии микроконтроллеров *MSP430x15x/16x/161x* входят следующие устройства: два 16-разрядных таймера, быстродействующий 12-разрядный аналого-цифровой преобразователь, двояный 12-разрядный ЦАП, один или два универсальных последовательных синхронно-асинхронных коммуникационных интерфейса (*USART*), *I2C*, *DMA*, 48 линий ввода-вывода. В дополнение ко всему микроконтроллеры семейства *MSP430x161x* имеют расширенную систему адресации ОЗУ, позволяющую использовать его в системах, интенсивно работающих с памятью и требующих большого *C*-стека.

К типичной области применения относятся контролируемые системы, которые фиксируют аналоговые сигналы, преобразуют их в циф-

ровой код и после обработки отображают на панели ЖКИ или передают главной системе. Наличие таймеров делает идеальным применение данных устройств для промышленного управления: счетчики импульсов, цифровое управление электродвигателями, электротехнические измерения, ручные измерительные инструменты и т.д. [2].

Разработанное УСО используется для управления нагревом жидкости. Оно позволяет с высокой точностью измерять и регистрировать в реальном времени температуру и объем жидкости. Управление нагревом происходит за счет изменения мощности нагревательных элементов, используя широтно-импульсную модуляцию питающего напряжения.

Программа управления в виде временной таблицы загружается в УСО посредством протокола RS232.

Устройство может работать как под управлением ПК, так и автономно, сохраняя в встроенной *flash*-памяти программу управления, оперируя показаниями внешних датчиков.

Наличие в микроконтроллере широкой аппаратной периферии позволяет подключать одновременно до восьми датчиков температуры, а также независимо управлять двумя мощными нагревателями. Наличие жидко-кристаллического индикатора упрощает работу УСО в автономном режиме, отображая всю необходимую информацию об объекте управления.

Применение смешанно-сигнального микроконтроллера позволяет одинаково с большой точностью производить математические расчеты и измерять аналоговые сигналы, а также адаптировать УСО для разных объектов энергосберегающего управления.

Список литературы:

1. Микропроцессорные системы энергосберегающего управления: Учебное пособие / Ю.Л. Муромцев, Л.П. Орлова. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2001. 80с.

2. MSP430x16x Mixed signal microcontroller datasheet © Texas Instruments Incorporated, 2002.

*Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. кафедры
«Конструирования радиоэлектронных и микропроцессорных систем»
Орлова В. В.*

ТЕХНОЛОГИИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

В условиях развития информационных технологий возрастает актуальность задач дистанционного управления различными объектами через локальные вычислительные сети и Интернет (удаленного управления). Примеры таких объектов обнаруживаются во многих отраслях деятельности человека, начиная от производства (промышленное и технологическое оборудование) и заканчивая бытом (охранные и smart-хауз системы). Учитывая, что современная концепция построения вычислительных сетей опирается на модель взаимодействия открытых систем (ВОС), аппаратное обеспечение, при общих сетевых протоколах, может осуществлять доставку сигнала как по кабелю, так и через беспроводные среды. Это обстоятельство позволяет по типовым протоколам управлять объектами, имеющими (измерительные системы, агрегаты) или не имеющими стационарного положения в пространстве (спутники, суда, и др.)

Традиционно, для решения задач удаленного управления используется собственный, отдельно разрабатываемый прикладной протокол, надстраиваемый над транспортными протоколами *TCP-IP* и *UDP-IP*. Для эффективного решения задачи управления этот протокол должен предусматривать набор управляющих команд, регламент ответа на них, регистры состояния. Кроме того, если речь идет об объектах повышенной важности, например, медицинском оборудовании, следует уделить большое внимание защите: аутентификации доступа, блокировке сетевого трафика от прослушивания и перехвата управления. Недостатком традиционного подхода является то, что для его применения требуется реализовывать все перечисленные концепции практически «с нуля». При этом, для вывода таких показателей, как надежность и защищенность до уровня, адекватного корпоративным, и, тем более, глобальным сетям, зачастую требуется большой объем дорогостоящих работ.

В настоящее время, для построения *Web-служб* территориально распределенных бизнес-систем, широкое распространение получили технологии распределенных объектов (РО), основанные на совмещении ряда разработок последних десятилетий, включающих обеспечение жизненного цикла программных компонентов, удаленный вызов процедур, обработку транзакций. Эволюция технологии РО получила название *СТМ-технологий* (Component Transaction Monitors — мониторы компонентных транзакций). Одной из основ *СТМ* является наличие стандартизованного протокола удаленного вызова методов, и открытого

программного интерфейса для работы с ним. Это позволяет гибко управлять компонентами, развернутыми в среде сервера приложений на одном компьютере, с другого, удаленного компьютера, реализуя управление на уровне языка программирования. Помимо протокола, современная *СТМ*-архитектура предоставляет разработчикам бизнес-системы готовую реализацию и программный интерфейс подсистем аутентификации и защиты канала, многопользовательского доступа, обеспечения жизненного цикла компонента, обработки транзакций и др.

Наиболее конкурентоспособными реализациями *СТМ* является фреймворк *Microsoft .NET*, и архитектура *EJB*, входящая в платформу *Sun J2EE*.

СТМ используются для построения распределенных бизнес-систем по трехслойной архитектуре (презентативный слой — слой бизнес-логики — слой хранения данных). Эту архитектуру с успехом можно применить и для систем удаленного управления, однако, слой хранения данных будет заменен исполнительным слоем, а слой бизнес-логики заменится управляющим слоем. Диаграмма развертывания для такой архитектуры представлена на рисунке 1.

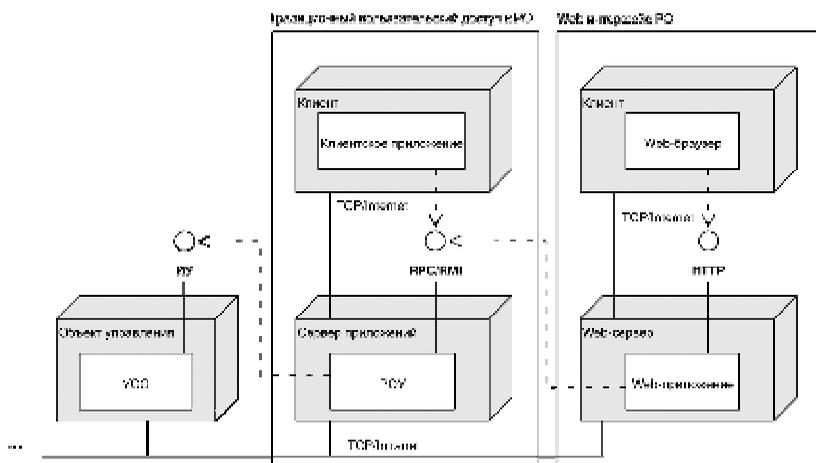


Рис. 1. Применение технологии распределенных объектов к системам удаленного управления

Основой системы удаленного управления является сервер приложений, в среде которого размещаются распределенные объекты (здесь «объект» употребляется в нотации объектно-ориентированного программирования) управления (РОУ). Сервер приложений и размещенные в нем РОУ образуют управляющий слой.

В пределах видимости корпоративной сети РОУ имеет доступ к управляемым физическим объектам посредством интерфейсов управления (ИУ), построенных на базе простых прикладных Intranet-протоколов, либо на основе *CAN*-сетей. Эти интерфейсы предоставляются устройствами сопряжения (УСО). Включенная в корпоративную сеть группа УСО, в сопряжении с управляемыми объектами, образует исполнительный слой.

Программный интерфейс РОУ содержит все необходимые методы (процедуры и функции класса), посредством которых можно осуществить робастное управление физическим объектом, и получать информацию о его состоянии. Один или несколько РОУ могут обеспечивать удаленный доступ к любому количеству объектов управления.

Презентативный слой, в зависимости от требований к клиентскому аппаратному обеспечению, может быть реализован различными способами. Традиционная реализация пользовательского доступа в системах на базе *СТМ* подразумевает, что клиентское приложение получает доступ к РОУ через протоколы *RMI* (Remote Method Invocation – удаленный вызов методов класса). При этом, вызов методов РОУ, осуществляется средствами объектно-ориентированного языка высокого уровня, на котором построено клиентское приложение, так, как если бы РОУ размещался в адресном пространстве приложения.

В некоторых случаях, для повышения универсальности системы и снятия с клиента программной нагрузки («утонышения клиента») его функции делегируются Web-приложению, развертываемому на Web-сервере, удаленном от сервера приложений в пределах локальной или глобальной сети. В этом случае, клиент получает доступ к распределенному объекту без применения специального программного обеспечения, используя только *web*- или *wap*-браузер, установленный на персональном, переносном компьютере, либо сотовом телефоне. Поведение пользовательского интерфейса заложено в Web-приложении.

Таким образом, задача удаленного управления переводится в плоскость технологий реализации бизнес-систем. Применение *СТМ* позволит, без разработки специальных протоколов и средств:

- реализовать взаимодействие с удаленным объектом на программном уровне так, как если бы объект размещался локально;
- ввести в концепцию управления поддержку транзакций;
- организовать многопользовательский доступ с разделением полномочий и прав;
- обеспечить уровень защиты доступа и канала передачи на уровне, адекватном глобальным сетям;

- благодаря применению трехслойной архитектуры - изменять и дорабатывать программную логику различных компонентов без переработки всей системы.

Подавляющее большинство разработок на базе *СТМ*-технологий относится к бизнес-системам. Несмотря на очевидные удобства адаптации *СТМ* для систем удаленного управления, такой подход практически не применяется, и не освещен в литературных источниках. В рамках научной работы предполагается его использование для расширения функциональности экспертной системы энергосберегающего управления динамическими режимами.

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. кафедры
«Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»
Муромцева Ю. Л.*

КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ ГИБКИХ WEB-ПРИЛОЖЕНИЙ

Создать *HTML*-документ нетрудно. Создать *Web*-приложение, объединяющее средства *HTML*, *JSP* и *Java*, обеспечивающее взаимодействие с базами данных и существующими приложениями, которое отличается гибкостью и удобно в сопровождении, значительно сложнее. В данной статье будут рассмотрены общие подходы к созданию *Web*-приложений на основе технологий *Java*. В качестве примера будет представлен электронный каталог учебно-методических пособий учебно-методического объединения (УМО), разработанный на кафедре «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем».

Основные термины, используемые в статье:

JSP (*Java Server Pages*) – серверная технология, позволяющая встраивать и использовать *Java*-код (скриплеты) в статических *Web*-страницах.

Servlet (сервлет) – представляет собой *Web*-компонент, эквивалентный активному ресурсу, генерирующий динамическое содержимое по принципу «*HTML* в программном коде». Сервлет, как и многие другие компоненты *Java*-технологий, является *Java*-классом, скомпилированным в платформу-независимый байт-код.

Существует несколько способов создания *Web*-приложений на базе *JSP*:

- Создание документа, как набора *HTML*-дескрипторов и *JSP*-скриплетов;
- Делегирование функций компонентам *bean*;
- Использование сервлетов, *JSP*-документов и компонентов *Java-bean* для реализации архитектуры «модель-просмотр-контроллер» (*MVC* – *Model-View-Controller*).

Первый подход – включение больших объемов *Java*-кода в *JSP*-документы – приводит к созданию приложений, которые трудно сопровождать и модифицировать.

При делегировании функций компонентам *bean*, код перемещается в компоненты, поэтому приложения, созданные по такому принципу, становятся более жизнеспособными. Этот подход известен как архитектура *Model 1*.

Последний подход – объединение сервлетов, *JSP* и *bean* в рамках архитектуры *MVC* – позволяет создавать гибкие и расширяемые программы, удобные для сопровождения. При этом инкапсулируются функции и уменьшаются побочные эффекты при внесении изменений. Этот подход носит название архитектуры *Model 2*.

Архитектура *Model 1*, условно показанная на рисунке 1, включает JSP-документы, компоненты *bean* и бизнес-объекты.

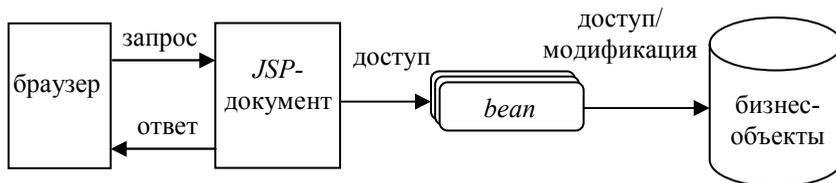


Рис. 1. Архитектура Model 1

Согласно данной архитектуре, запросы передаются JSP-документам, которые взаимодействуют с бизнес-объектами посредством *bean*. Такое косвенное обращение уменьшает зависимость JSP-документов от изменений, вносимых в бизнес-объекты.

Бизнес-объекты и компоненты *bean* реализуются разработчиками программного обеспечения, а авторы *Web*-страниц отвечают за создание JSP-документов. В идеале такое разделение обязанностей должно было бы обеспечить возможность параллельной работы сотрудников различных специальностей, участвующих в выполнении проекта. Однако на практике реализовать одновременное выполнение работ достаточно сложно, поскольку JSP-документы не только представляют содержимое, но и генерируют его.

В больших проектах чаще всего для реализации приложения выбирается архитектура *Model 2*.

Подобно *Model 1*, *Model 2* позволяет разделить бизнес-объекты и JSP-документы, что очень важно для большинства проектов, где бизнес-объекты претерпевают постоянные изменения. Кроме того, архитектура *Model 2* (рисунок 2) отделяет генерацию содержимого от его представления.

Согласно данной архитектуре, запросы передаются сервлету, который обращается к бизнес-объектам и создает содержимое. Это содержимое сохраняется в компоненте *bean*, к которому имеет доступ JSP-документ. Документ представляет содержимое, применяя для этого, как правило, средства *HTML*.

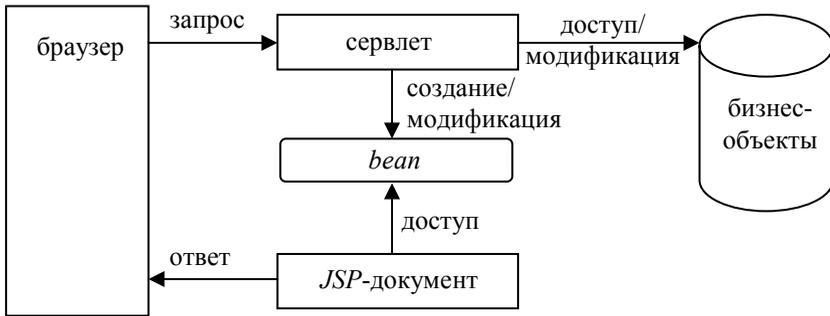


Рис. 2. Архитектура Model 2

Инкапсуляция *Java*-кода позволяет разработчикам программного обеспечения сосредоточить внимание на сервлетах и бизнес-объектах, в то время как авторы *Web*-страниц занимаются созданием *JSP*-документов. Все это позволяет создавать гибкие и расширяемые *Web*-приложения.

Однако можно пойти дальше и инкапсулировать часто используемый код в базовом наборе классов, что еще больше упростит работу над приложениями.

Рассмотрим простой набор классов, соответствующий *Model 2* и использующий те же базовые понятия, что и в *Apache Struts* (<http://www.apache.org>).

В данном наборе классов определены четыре типа объектов:

Action (действие) – интерфейс, реализуемый действиями, специфическими для приложения.

ActionFactory (фабрика действий) – создает экземпляры действий.

ActionServlet (сервлет действия) – отображает запросы в действия.

ActionRouter (маршрутизатор действий) – перенаправляет запросы *JSP*-документам.

Сервлет действия вызывается из *JSP*-документа или сервлета. Этот сервлет обращается к фабрике действий и в зависимости от запроса получает соответствующий тип действия.

После того как сервлет действий получает действие, он вызывает метод *perform* этого действия. Данный метод реализует функциональные возможности, специфические для конкретного приложения. Метод *Action.perform* возвращает маршрутизатор действий, который содержит *URI* для перенаправления запроса. Получив маршрутизатор, сервлет действий вызывает его метод *route*, который перенаправляет запрос указанному *Web*-компоненту (*JSP*-документ, *HTML*-страница). [1, 2]

Этот набор классов был применен в электронном каталоге учебно-методических пособий УМО, разработанном на кафедре «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем».

Рассмотрим диаграмму взаимодействия классов при создании новой учетной записи пользователя (рисунок 3).

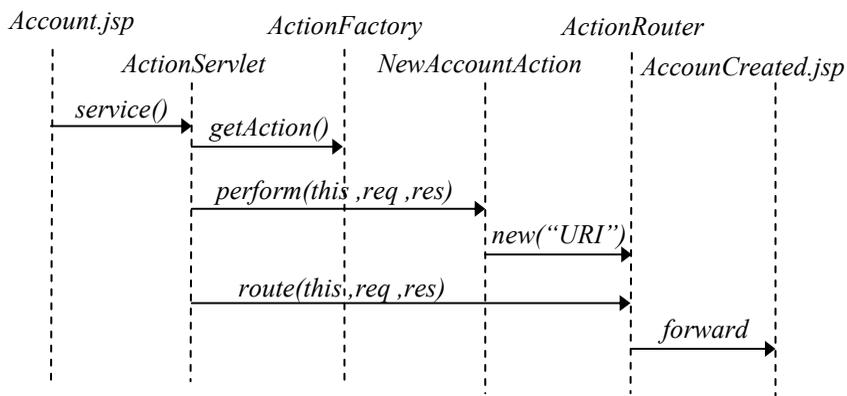


Рис. 3. Диаграмма взаимодействия классов при создании учетной записи

Account.jsp – страница, предназначенная для ввода данных о новом пользователе.

AccountCreated.jsp – страница, сообщающая о том, что новая запись успешно создана.

NewAccountAction – действие, которое проверяет введенную информацию и вносит ее в базу данных.

Кроме того в данном приложении широко используются пользовательские дескрипторы, что в совокупности с базовым набором классов делает его гибким, расширяемым и легким в сопровождении.

Список литературы:

1. Девид М. Гери *Java Server Pages*. Библиотека профессионала.: Пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. — 448с.
2. Мухамедзянов Р.Р. *Java*. Серверные приложения. — М.: СОЛОН-Р, 2003. — 336с.

*Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. кафедры
«Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»
Артемовой С. В.*

РАЗВИТИЕ БАЗЫ ЗНАНИЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ

В связи с разработкой на кафедре КРЭМС экспертной системы энергосберегающего управления динамическими объектами возникает проблема пополнения ее базы знаний. Под базой знаний понимаются результаты полного анализа оптимального управления (ОУ) для совокупности объектов, динамика которых описывается дифференциальными уравнениями первого и второго порядка. Для решения поставленной задачи необходимо разработать унифицированную схему взаимодействия программного ядра экспертной системы и каждого программного модуля, реализующего алгоритмическое обеспечение анализа и синтеза ОУ объекта n -го порядка.

Так как при проектировании экспертной системы энергосберегающего управления используются принципы объектно-ориентированного программирования (ООП) [1], все разрабатываемые программные модули должны придерживаться данной схемы.

Структура ядра экспертной системы представлена на рисунке 1.

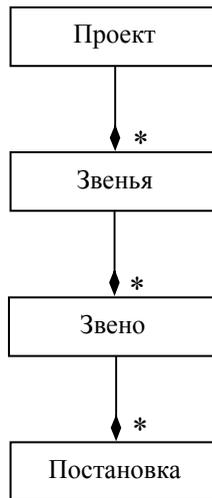


Рис. 1. Структура ядра экспертной системы энергосберегающего управления

Данная структура представляет собой схему разукрупнения, элементы которой заполняются по мере проведения анализа и синтеза оптимального управления.

- Проект – исходная информация о решаемой задаче. Содержит общие сведения об объекте исследования (наименование, функционал).
- Звенья – набор моделей, полученных путем идентификации модели объекта (используется для общего случая, когда объект представляет собой мультимодель).
- Звено – конкретная модель объекта. Содержит базовый массив реквизитов (набор исходных данных)
- Постановка – представляет собой звено, содержащее частный массив реквизитов. Две постановки могут иметь отличия в массивах реквизитов (различные значения параметров, способ задания параметров – интервальный, неопределенный и т.д. [1]), стратегиях управления (программная, позиционная).

На основе постановок выполняется расчет синтезирующих переменных [2], по которым в дальнейшем производится анализ и синтез функции оптимального управления.

Для возможности динамического добавления программных модулей анализа и синтеза функции оптимального управления каким-либо объектом предлагается следующий набор правил для построения программных модулей.

1. Программный модуль должен состоять из объектно-ориентированных классов [3], каждый из которых реализует некоторую функциональность.
2. Каждый класс должен иметь уникальное имя в пределах экспертной системы.
3. Классы могут наследовать и расширять функциональность суперклассов.

Геометрически такая модель представляется как набор координат в трехмерной плоскости (см. рисунок 2).

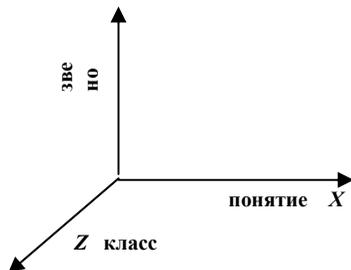


Рис. 2. Геометрическое представление модели динамического добавления программных модулей

На рисунке 2 ось X характеризует понятие, для которого необходимо добавить класс (например, диалоговое окно ввода массива реквизитов; математическое обеспечение расчета параметров функции ОУ). Ось Y характеризует звено, для которого будет зарегистрирован новый класс (например, Двойной интегратор; апериодическое звено). На оси Z откладывается уникальное имя класса, который обладает заданной функциональностью.

В том случае, если один и тот же класс используется для нескольких звеньев, его необходимо зарегистрировать для всех звеньев, в которых он используется. Например, класс, организующий табличный вывод результатов синтеза оптимального управления для звена «апериодическое звено» и «апериодическое звено с запаздыванием» может иметь один и тот же вид. Следовательно, имеет смысл зарегистрировать его для обоих этих звеньев.

И наоборот, если одна и та же функциональность может быть реализована несколькими способами, необходимо зарегистрировать все классы, реализующие эту функциональность. Так, например, интерфейс пользователя может быть представлен как настольное приложение, либо как *WEB*-приложение.

Программно удобно реализовывать такую модель с помощью базы данных в формате *XML*, содержащую информацию о классах и их функциональности. Файл базы данных должен поставляться совместно с набором классов. Регистрация классов, содержащихся в программном модуле, производится автоматически при загрузке ядра экспертной системы.

Таким образом, схема, описанная в данной статье, используется для добавления программного модуля анализа и синтеза оптимального управления объекта третьего порядка.

Список литературы:

1. Титков А.В. Разработка программного модуля расчета синтезирующих переменных для объектов энергосберегающего управления: Сборник статей магистрантов. Выпуск 1. – ТГТУ, 2005. С. 32-35.
2. Муромцев Ю.Л., Ляпин Л.Н. Сатина Е.В. Метод синтезирующих переменных при оптимальной управлении линейными объектами: Изв. Вузов. Приборостроение. – 1993. – №11-12. С. 19-25.
3. Иванова Г.С. Ничушкина Т.Н. Объектно-ориентированное программирование: Учебник для вузов. – М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001 г.

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. кафедры
«Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»
Муромцева Ю. Л.*

Элементы и устройства электронно-вычислительных средств

Озаренко А. В.

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ПОРОШКОВЫХ СПЛАВОВ ЮНДКБА В ВЫСОКОКОЭРЦИТИВНОМ СОСТОЯНИИ

Литые сплавы на основе системы $Fe-Co-Ni-Al-Cu$ являются важнейшим современным материалом для постоянных магнитов. Однако технологические трудности связанные с обработкой данных материалов значительно ограничивают область их применения. Перспективным направлением в технологии производства постоянных магнитов является порошковая металлургия, которая позволяет существенно улучшить механические свойства сплава.

Из литературы [1] известно, что высокая коэрцитивная сила H_c литых сплавов типа альнико (ЮНДК) – следствие наличия в нем выделений в виде мелких частиц. Проведенные ранее исследования порошковых магнитов с помощью электронного микроскопа выявили значительную гетерогенность зеренной структуры с включениями вторых фаз удлиненной полусферической формы (одномоменные высококоэрцитивные частицы) [2]. Высокая гетерогенность очевидно связана с различием кристаллического упорядочения существующих фаз.

Целью, проведенных на стандартном дифрактометре ДРОН-2, исследований является изучение структуры и фазового состава порошковых сплавов типа ЮНДКБА, обработанных в магнитном поле на максимальную коэрцитивную силу. Изучались магнитотвердые сплавы с различной величиной коэрцитивной силы H_c , следующего химического состава: $Co-24\%$, $Ni-14\%$, $Al-8\%$, $Cu-3\%$, $Nb-1\%$, остальное- Fe .

Основное преимущество дифрактометрической регистрации при определении периодов кристаллической решетки – возможность по-

строить профиль распределения интенсивности линии по углу ϑ . Обычно профиль строят методом шагового сканирования с набором в каждой точке не менее 1000 квантов.

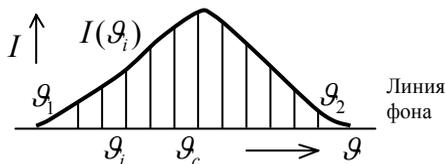


Рис.1. Вычисление абсциссы центра тяжести профиля дифракционной линии

Более точно величину межплоскостного расстояния d_{HKL} можно найти по положению абсциссы центра тяжести пика ϑ_c (рис.1), которая определяется по формуле:

$$\vartheta_c = \frac{\sum I(\vartheta_i)\vartheta_i}{\sum I(\vartheta_i)}. \quad (1)$$

За начало отсчета угла ϑ обычно принимают ϑ_1 - угол, где линия переходит в фон (интенсивность в этой точке составляет менее 1% от максимальной). В этом случае для определения d_{HKL} используют длину волны, соответствующую центру тяжести спектрального распределения вычисляемую по формуле:

$$\lambda_c \approx (2\lambda K_{\alpha_1} + \lambda K_{\alpha_2})/3. \quad (2)$$

Использование центра тяжести пика позволяет аналитически учесть влияние инструментальных aberrаций дифрактометра на положение линий. Повысить точность определения периода при дифрактометрическом анализе позволяет применение экстраполяционных функций. При проведении экстраполяции следует учитывать, что, кроме поправки на преломление Δa_{np} , к экстраполированному значению периода необходимо добавить поправку на вертикальную расходимость Δa_g . Таким образом период решетки $a_{точн}$ вычисляется по формуле:

$$a_{точн} = a_{экт} + \Delta a_g + \Delta a_{np}, \quad (3)$$

где $\Delta a_{np} = a_{экт} \gamma^2 / 48$ (если используют две щели Соллера с расходимостью γ , рад).

Съемка дифрактограмм в $Co K_{\alpha}$ - излучении позволила обнаружить, что продукты распада α - фазы в магнитном поле не являются кубическими. Расчет проведенный по всем рефлексам дифрактограмм показал, что исходный твердый раствор α с объемноцентрированной кубической (ОЦК) решеткой распался после термомагнитной обработки (ТМО) на две тетрагональные объемноцентрированные фазы. Период кристаллической решетки исходного твердого раствора порошкового сплава $a_0=0,2878$ нм. Периоды продуктов распада a_1 и a_2 соответственно равны 0,2871 и 0,2878 нм. Относительная разность объемов элементарных ячеек равна 0,0073. Обе фазы упорядочены, обогащенная никелем и алюминием – по типу $CsCl$, обогащенная железом – по типу Fe_3Al . Первая из них имеет низкую намагниченность насыщения, что свидетельствует о низком содержании в ней железа. Вторая обладает большой намагниченностью насыщения, что несомненно связано с большим содержанием железа.

Причиной изменения в параметрах решетки является поверхностная, упругая и магнитоэлектрическая (при обработке в магнитном поле) энергии, участвующие в формировании α' - выделений при распаде α - твердого раствора. Существенная разница удельных объемов фаз при одинаковой ориентации их кристаллических решеток определяет преобладающую роль упругой энергии в формировании геометрии структуры. Наличие тетрагональности фаз – продуктов распада в магнитном поле – связано с одноосно напряженным состоянием обеих фаз. При этом фаза с большим периодом решетки сжата, а с меньшим растянута. Эти напряжения равномерно распределены по объему фаз и с этим очевидно связана существующая гетерогенность структуры порошкового магнита.

При анализе дифрактограмм образцов с различной коэрцитивной силой H_c выявилось увеличение интенсивности рефлексов фазы обогащенной железом с ростом H_c образца. Данное обстоятельство связано с увеличением количества кристаллической α' - фазы в объеме порошкового магнита.

Проведенные исследования позволили установить структуру порошковых магнитов на различных этапах ТМО. Результаты исследований позволяют корректировать технологические режимы при ТМО с целью улучшения физико – механических свойств магнитов.

Список литературы:

1. Довгалевский Я. М. Легирование и термическая обработка магнитотвердых сплавов. – М.: Металлургия, 1971. – 176 с.

2. Брусенцов Ю. А., Тялина Л. Н. Применение электронной микроскопии для изучения структуры и свойств порошковых магнитов./ Вестник Тамбовского государственного технического университета, 1999, том 5, №4. – с. 634 – 636.

3. Мишин Д. Д. Магнитные материалы. – М.: Высшая школа, 1991. – 383 с.

4. Уманский Я. С., Скаков Ю. А., Иванов А. Н., Расторгуев Л. Н. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. – М.: Металлургия, 1982. – 632 с.

*Работа выполнена под руководством к.т.н., проф. кафедры
«Материалы и технология»
Брусенцова Ю. А.*

Направление 521500

МЕНЕДЖМЕНТ

Магистерская программа 521506

Производственный менеджмент

Ни Цянь

УПРАВЛЕНИЕ И ОЦЕНКА УРОВНЯ КАЧЕСТВА

Значительное влияние на качество образа жизни оказывает материальная среда – качество товаров и услуг. Поэтому проблема качества продукции и услуг была и остаётся актуальной. Она является стратегической проблемой, от решения которой зависит стабильность экономики нашего государства. Процесс улучшения качества, объединяющий деятельность многих производств, коллективов конструкторов, сферы услуг, необходим не только для получения прибыли при сбыте товаров и услуг, но главное - обществу в целом и его интересам.

Качество – совокупность характерных свойств, формы, внешнего вида и условий применения, которыми должны быть наделены товары для соответствия своему назначению. Все эти элементы определяют требования к качеству изделия, которые конкретно воплощены на этапе проектирования в технической характеристике изделия, в конструкторской документации, в технических условиях предусматривающих качество сырья, конструктивные размеры и т.д.

В литературе понятие качества трактуется по-разному. Однако основное различие в понимании качества определяется различиями в ус-

ловиях командно-административной и рыночной экономике. В условиях первой – качество трактуется с позиции производителя, а в рыночной с позиции потребителя.

Понятие качества неоднократно обсуждалось научной общественностью и практиками. Большую роль в формировании современного представления о качестве сыграла Академия проблем качества РФ. В результате её деятельности сформировалось концептуальное видение качества как одной из фундаментальных категорий, определяющих образ жизни, социальную и экономическую основу для успешного развития человека и общества [3].

Основные элементы пригодности товаров, определяемые технической характеристикой изделия, называют качеством конструкции. При совершенствовании качества конструкции возрастает стоимость изделия.

Что же представляет собой управление? Как в повседневной жизни, так и в условиях предприятия управление является круговым циклом: планирование, осуществление, контроль, управляющее воздействие.

Управление качеством на предприятии является одним из звеньев описываемого цикла управления. Иначе говоря, это круговой цикл, который вверен группе предварительного контроля и анализа конструкций изделий и является основой в управлении качеством [5].

Функция планирования, подразумевающая проектирование, заключается в использовании руководством предприятия стратегии и тактики при анализе и учёте результатов изучения рынков, коэффициента эффективности капитальных затрат, технического уровня своего предприятия, эффективности контроля, предполагаемой себестоимости, ожидаемой реализации и т.д. и предусматривает определение уровня качества изделий.

Функция осуществления – это воплощение запроектированного качества конструкции в готовую продукцию. Она предусматривает проектирование технологических процессов, определение вида используемого оборудования, машин, инструментов, а также методов работы и контроля. Функцией осуществления предусматривается обучение и тренировка исполнителей работ. Всё это в комплексе преследует цель – сохранить степень соответствия продукции техническим требованиям или по возможности улучшить эти показатели.

Функция контроля осуществляется как на стадии изготовления продукции, так и путём выявления истинных достоинств товара после поступления его на рынок. Иными словами пригодность товара подтверждается посредством сбыта.

Функция управляющего воздействия подразумевает меры по реализации продукции и соблюдению способов продажи товара, предусмотренных планом, проведение мероприятий по техническому обслуживанию (сервису) в случае, когда реализованный товар не отвечает требованиям качества. Кроме этого она включает сбор информации о качестве реализованного на рынке товара, выявление возможности улучшения качества, изучение мнения потребителя о качестве товара для внесения необходимых изменений в процессе производства [1].

Для чёткого управления перечисленными функциями планирования – осуществления – контроля – управляющего воздействия необходимо, чтобы все службы и отделы предприятия, владея техникой управления и контроля, специальной технологией, а также статистическими методами и располагая представлениями о важном значении качества, с ответственностью за его уровень выполняли возложенные на них обязанности.

Таким образом, можно утверждать, что управление качеством на предприятии – это «такой вид руководящей деятельности, который обеспечивает проектирование, изготовление и реализацию товаров, обладающих достаточно высокой степенью полезности и удовлетворяющих запросы потребителей».

Оценка уровня качества

Для управления качеством продукции и его повышением необходимо оценить уровень качества. Область деятельности, связанная с количественной оценкой качества продукции, называется квалиметрией. Оценка уровня и качества продукции является основой для выработки необходимых управляющих воздействий в системе управления качеством продукции [4].

Целью оценки обуславливается: какие показатели качества следует выбирать для рассмотрения, какими методами и с какой точностью определять их значения, какие средства для этого потребуются, как обработать и в какой форме представить результаты оценки.

Свойства продукции могут быть охарактеризованы количественно и качественно. Качественные характеристики – это, например, соответствие изделия современному направлению моды, дизайну, цвету и т.д.

Количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, составляющих её качество, рассматриваемая применительно к определённым условиям её создания и эксплуатации или потребления, называется показателем качества продукции.

По характеризующим свойствам применяют следующие группы показателей:

Показатели назначения характеризуют свойства продукции, определяющие основные функции, для выполнения которых она предназначена, и обуславливают область её применения.

Показатели экономного использования сырья, материалов характеризуют свойства изделия, отражающие его техническое совершенство по уровню или степени потребляемого им сырья, материалов, топлива, энергии.

Показатели надёжности. Надёжность - это свойство изделия (объекта) сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования. Надёжность изделия в зависимости от назначения и условий его применения включает безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость.

Безотказность – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или некоторые наработки.

Долговечность - свойство изделия сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Ремонтпригодность – свойство изделия, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, повреждений и поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонтов.

Сохраняемость – свойство изделия сохранять значения показателей безотказности, долговечности и ремонтпригодности в течение и после хранения или транспортирования.

Базовый образец – это образец продукции, представляющий передовые научно-технические достижения и выделяемые из группы аналогов оцениваемой продукции.

В результате оценки продукцию относят к одному из трех уровней:

- превосходит мировой уровень;
- соответствует мировому уровню;
- уступает мировому уровню.

Результаты оценки используют при разработке новой (модернизированной) продукции: обоснований, требований, закладываемых в техническое задание и нормативную документацию; принятии решения о постановке продукции на производство; обосновании целесообразности замены или снятия продукции с производства; формировании предложений по экспорту и импорту [2].

Список литературы:

1. Версан В.Г., Чайка И.И. Системы управления качеством продукции. М.: Изд. стандартов.1998. 150 с.
2. Гличев А.В. Основы управления качеством продукции. М.: Изд. Стандартов.1998. 80 с.
3. Крылова Г.Д. Зарубежный опыт управления качеством. М.: Изд. Стандартов .1992. 140 с.
4. Леонов И. Г., Аристов О.В. Управление качеством продукции. М.: Изд.Стандартов.1990. 200 с.
5. Швец В.Е. «Менеджмент качества» в системе современного менеджмента.//Стандарты и качество.1997. № 6 с 48-50.

*Работа выполнена под руководством к.э.н., доц. кафедры
«Экономический анализ»
Воронковой О. В.*

Направление 552200

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

Магистерская программа 552215

Всеобщее управление качеством

Трофимов А. В., Кузнецова Е. С.

ПРОЦЕССЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ АНАЛИЗЕ СМК

Одним из методов оценивания деятельности организации в области качества является анализ системы менеджмента качества (СМК) со стороны высшего руководства (ВР). Для проведения анализа необходимо определить процессы, выходные данные которых будут входными данными для проведения анализа СМК со стороны ВР. Эти процессы должны в большей степени отражать состояние всей системы в целом.

Составлено дерево процессов СМК, имеющее три уровня, условно обозначенных буквами А, В, С. В основании всех уровней процессов СМК предприятия находится цель работы предприятия, в виде контекстной диаграммы (АО), с выделением: входных потоков, управляющих воздействий, ресурсов, выходящих потоков. Процессы уровня А описывают СМК в соответствии с Политикой и целями в области качества и применяемыми процессами стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2001. Процессы уровня В описывают деятельность отдельных функциональных подразделений. Процессы последнего уровня С описываются в виде доку-

ментированных процедур с построением карты процесса (матрица распределения ответственности, спецификация процесса, схема процесса).

В п. 5.6.2 ГОСТ Р ИСО 9001-2001 определены входные данные для анализа СМК, информацию по которым получают из соответствующих процессов. Информация о результатах аудитов (проверок) является данными процесса С 4.1.2 «Внутренние аудиты». Обратная связь от потребителей определяется наличием претензий, жалоб, пожеланий, отзывов потребителей. Эта информация является данными процессов С 4.1.1 «Удовлетворенность потребителей», С 4.1.3 «Измерение продукции». Информацию о потребностях рынка в виде опросов потребителей (по телефону, с помощью анкетирования) получают из процесса С 3.1.1 «Маркетинг».

В ГОСТ Р ИСО 9001-2001 акцентировано внимание на шести обязательных документированных процедурах, поэтому при анализе СМК со стороны ВР желательно рассматривать информацию и по этим шести процессам.

Для улучшения деятельности организации ВР должно руководствоваться принципами менеджмента качества. Неизменной целью организации является ее постоянное улучшение. Для реализации этого принципа необходимо рассматривать данные процессов В 2.1 «Планирование СМК», В 4.3 «Анализ данных», В 3.2 «Проектирование и разработка», В 3.3 «Планирование производства».

Таким образом, процессы, используемые при анализе СМК со стороны ВР должны соответствовать хотя бы одному из следующих критериев:

- процессы, отвечающие требованиям п.5.6.2 ГОСТ Р ИСО 9001-2001;
- документированная процедура;
- процессы, нацеленные на постоянное улучшение СМК.

Учитывая разработанные критерии, выбраны процессы, информация из которых является входной при анализе СМК со стороны ВР:

- В 1.1 «Управление документацией»;
- В 2.1 «Планирование СМК»;
- С 3.1.1 «Маркетинг»;
- В 3.2» Проектирование и разработка»;
- В 3.3«Планирование производства»;
- В 3.4 «Закупки»;
- С 3.5.1 «Производство продукции»;
- С 4.1.1«Удовлетворенность потребителей»;
- С 4.1.2 «Внутренние аудиты»;
- С 4.1.3 «Измерение продукции»;

- В 4.2 «Несоответствующая продукция»;
- В 4.3 «Анализ данных»;
- С 4.4.1 «Корректирующие действия»;
- С 4.4.2 «Предупреждающие действия»;
- В 3.5 «Управление финансами».

Все процессы, используемые при анализе СМК со стороны ВР, взаимодействуют друг с другом. Выходы одних процессов становятся входами других процессов. Разработана графическая модель информационной взаимосвязи и взаимодействия этих процессов, используя методологию функционального моделирования IDEF1. Выходные данные процесса В 2.2 являются входными данными для процессов В 2.1, В 1.1, В 1.2, А 4, что обеспечивает процесс постоянного улучшения.

Составлено описание основных характеристик процессов, используемых при анализе СМК со стороны ВР. Для каждого из выявленных процессов определен владелец, который отвечает за свой процесс. Методом измерения процессов служит внешний и внутренний аудит. Определены выходные данные каждого процесса, которые являются источниками информации для процесса В 2.2. Разработаны критерии оценки процессов, необходимые при анализе результативности функционирования процессов СМК. Для каждого критерия установлены плановые значения, по которым в дальнейшем и будет определяться результативность процесса.

Таким образом, выявлены процессы, используемые при анализе СМК, и описаны основные их характеристики, составлена взаимосвязь и взаимодействие процессов СМК. Это позволило за короткий промежуток времени собрать и подготовить необходимую входную информацию, используемую при анализе СМК со стороны ВР.

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ПРОЦЕССА
«УПРАВЛЕНИЕ УСТРОЙСТВАМИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И
ИЗМЕРЕНИЙ» СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НИИ**

Ответственность за процесс системы менеджмента качества (СМК) «Управление устройствами для мониторинга и измерений» на предприятии возложена на метрологическую службу (МС) организации.

Необходимо оценивать результативность функционирования СМК. Сложность оценки результативности процесса «Управление устройствами для мониторинга и измерений» заключается в том, что требования раздела 7.6 ГОСТ Р ИСО 9001-2001 применяют наряду с метрологическими правилами и нормами, имеющими обязательную силу на территории РФ. Разработана методика оценки результативности процесса «Управление устройствами для мониторинга и измерений» (Таблица 1).

За оцениваемые факторы взяты задачи МС в области качества, которые необходимо выполнить для достижения основной цели МС в области качества, а также обязательные требования, предъявляемые нормативными документами (НД), и основные виды деятельности МС. Порядок следования факторов выбран в соответствии с их значимостью в деятельности МС.

Первый фактор является основополагающим. Как бы хорошо работа МС ни была проведена, как бы все требования ни выполнялись, основным является отсутствие несоответствий, выявленных после проверки, калибровки, аттестации, экспертизы и т.д., т.е. отсутствие претензий и рекламаций со стороны потребителя (подразделений предприятия). Так как ориентация на потребителя, его удовлетворенность является основным принципом менеджмента качества, то третьему фактору, при условии отсутствия несоответствий, присваивается значение три. Если несоответствия выявлены, то за каждое несоответствие, устранение которого и его последствий не требует материальных затрат, вычитается по половине балла, а если материальные затраты требуются, то вычитается балл.

Ко второму фактору отнесено состояние эталонов в связи с тем, что в настоящее время большинство предприятий страны находятся в тяжелом материальном положении и средства на обновление парка приборов, средний возраст которых достаточно большой, выделяются в небольшом количестве. Этот фактор подразумевает наличие и поддержание эталонов в рабочем состоянии. Если все необходимые МС эталоны для проверки средств измерений (СИ) имеются в наличии и поддерживаются в рабочем состоянии, то коэффициенту k_2 присваивается зна-

чение единица. В случае отсутствия необходимых эталонов в течение четырех недель и более или их неисправности, когда период восстановления превышает четыре недели, то от единицы отнимаются баллы за каждый неисправный эталон. Если приобретены новые, то баллы прибавляются.

Следующий фактор – персонал – стоит на третьей позиции. Это объясняется тем, что без опытного обученного и аттестованного персонала работа МС невозможна. За каждого специалиста, обученного и аттестованного по двум и более направлениям (поверка СИ электрических, радиоэлектронных, теплофизических и других величин), баллы прибавляются. За их отсутствие или недостаточное количество баллы вычитаются. При чем, если МС выходит из этого положения (за счет специалистов, обученных по двум и более направлениям), то баллов вычитается меньше, чем в том случае, когда графики работ нарушаются, что является серьезным несоответствием. Количество необходимого персонала рассчитывается в соответствии с нормами затрат времени на поверку СИ (по МИ 2322-99) и на выполнение других видов деятельности по метрологическому обеспечению (МО).

Четвертым фактором для оценки является состояние помещений, т.к. к нему предъявляются жесткие требования при аккредитации МС на право поверки СИ. За каждое несоответствие требованиям баллы вычитаются.

Пятому фактору присваивается максимальное значение в случае, если графики поверки, калибровки, аттестации испытательного оборудования и проверки работоспособности вспомогательного оборудования выполняются полностью без нарушения сроков. Если графики не выполняются, то количество несоответствий графикам, отнесенное к общему количеству вычитается. Этот фактор поставлен на четвертое место в связи с тем, что МС должна строго соблюдать графики.

Немаловажным видом деятельности МС НИИ является МО предварительных и государственных испытаний НИОКР – шестой фактор. За каждое несоответствие баллы также вычитаются.

Следующий блок факторов – работа с документами:

- метрологическая экспертиза технической документации (ТД) – оценивается максимальным баллом, если тематический план НИИ выполняется (или не выполняется, но по вине других подразделений), если же план не выполняется по вине МС, то вычитается отношение количества срывов сроков к общему количеству запланированной работы (в листах формата А4) (седьмой фактор);

- ведение записей (оформление результатов поверки, калибровки, ведение журналов учета СИ и т.д.), поддержание их в рабочем состоянии в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 9001-2001 (восьмой фактор);

Методика оценки результативности процесса СМК

«Управление устройствами для мониторинга и измерений»

k_i	Оцениваемые факторы	НД, регламентирующий требования	Критерии для оценки	Оценка	Примечание
1	2	3	4	5	6
k_1	Отсутствие несоответствий, выявленных после работы МС	ПР 50.2.006-94, ПР 50.2.016-94	Не выявлены	3	за каждое несоответствие
			Устранение несоответствий не требует материальных затрат	-0,5	
			Устранение несоответствий требует материальных затрат	-1	
k_2	Состояние эталонов	ПР 50.2.002-94	Все эталоны в рабочем состоянии	1	за каждую единицу
			Период восстановления эталонов превышает 4 недели	-0,1	
			Обновление парка приборов	+0,1	
k_3	Наличие подготовленного квалифицированного персонала	ПР50.2.012-94	Достаточное количество обученного и аттестованного персонала	1	за каждого специалиста
			Наличие обученного и аттестованного персонала по двум направлениям	+0,1	
			Наличие обученного и аттестованного персонала по трем и более направлениям	+0,2	
			Недостаточно обученного и аттестованного персонала, но работа выполняется без срывов сроков	-0,1	
			Недостаточно обученного и аттестованного персонала и работа выполняется со срывами сроков	-0,5	
k_4	Состояние помещений в соответствии с требованиями санитарных норм и требованиями техни-	МИ 2284-94	Помещения полностью соответствуют	1	за каждое некритическое несоответствие
			Не все требования выполняются	- 0,1	

1	2	3	4	5	6
	ки безопасности труда			-0,5	за каждое критическое несоответствие
k_5	Состояние работ по выполнению графиков проверки, калибровки и аттестации ИО	ПР 50.2.006-94	Графики полностью выполняются	1	
			Графики частично выполняются	$-\frac{\Phi}{\Pi}$	за каждое несоответствие графикам
k_6	Состояние метрологического обеспечения предварительных и государственных испытаний НИОКР	ГОСТ РВ 8.570-98, ГОСТ РВ 8.573-2000	Полностью обеспечиваются	1	
			Частично не обеспечиваются	-0,1	за каждое несоответствие
k_7	Состояние работ по проведению метрологической экспертизы ТД согласно тематическому плану НИИ	ОСТ В4.005.005-79, МИ2267-2000	Выполняется (или не выполняется по вине других подразделений)	1	
			Не выполняется по вине МС	$-\frac{\Phi}{\Pi}$	количество листов формата А4
k_8	Состояние записей по МО	ГОСТ Р ИСО 9001-2001	Поддерживаются в рабочем состоянии	1	
			Не все записи поддерживаются в надлежащем состоянии	-0,1	за каждое несоответствие
k_9	Состояние НД на методы и средства проверки	ГОСТ Р ИСО 9001-2001	НД актуализируются своевременно	1	
			НД актуализируются несвоевременно, но это не ведет за собой критических несоответствий	-0,1	за каждое несоответствие
			НД актуализируются несвоевременно, что ведет за собой критические несоответствия	-0,5	
k_{10}	Проведение метрологического надзора за состоянием и применением СИ	ПР 50.2.002-94, МИ 2304-94	Проводится в соответствии с графиками	1	
			Нарушение запланированных сроков	-0,1	за каждое несоответствие
k_{11}	Проведение анализа МО	МИ 2240-98	Проводится в соответствии с графиками	1	

1	2	3	4	5	6
			Нарушение запланированных сроков	-0,1	за каждое несоответствие

Примечание: Ф – количество фактических нарушений, П – план.

- своевременная актуализация НД и выполнение других требований, предъявляемых к процессу управления документацией ГОСТ Р ИСО 9001-2001 (девятый фактор).

Метрологический надзор за состоянием и применением СИ - десятый фактор – осуществляется с целью проверки соблюдения метрологических правил и норм в соответствии с требованиями ПР 50.2.002-94 по МИ 2304-94 сотрудниками МС по графику. В случае нарушения графика баллы вычитаются.

К последнему фактору отнесен анализ МО (в ГОСТ Р ИСО 9001-2001 процесс анализа также является завершающим), на основании которого вырабатываются корректирующие и предупреждающие действия.

Результативность процесса «Управление устройствами для мониторинга и измерений» считается удовлетворительной, если коэффициент результативности, который определяется как сумма коэффициентов k_i , больше 12, а также имеется положительная тенденция по сравнению с предыдущим годом. Данная оценка проводится самой МС.

Оценка результативности процесса «Управление устройствами для мониторинга и измерений» в НИИ приведена на диаграмме (Рисунок 1).

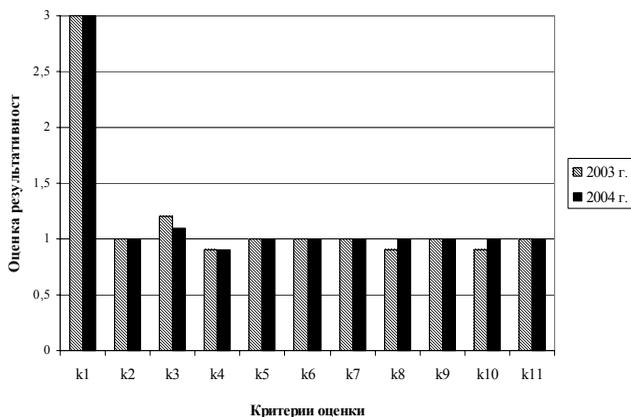


Рис. 1. Сравнительная диаграмма оценки результативности процесса «Управление устройствами для мониторинга и измерений» за 2003 и 2004 годы

За оба года коэффициент результативности больше 12 (12,9 – 2003 г. и 13,1 – 2004 г.), а также наблюдается положительная тенденция.

Оценка факторов 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9 и 11 осталась неизменной, что говорит о необходимости выработки предупреждающих действий и повышении плана по этим факторам. Например, по второму фактору необходимо закупить новые эталоны, что приведет к повышению оценки. Для улучшения состояния помещений необходимо закупить кондиционер для поддержания постоянной температуры в поверочной лаборатории.

Фактор k_3 ухудшился в связи с увольнением одного поверителя, но, тем не менее, МС справилась со своей работой за счет наличия аттестованного персонала по двум направлениям. Необходимо обучить и аттестовать на право поверки СИ одного поверителя, за счет чего оценка данного фактора возрастет.

Для факторов 8 и 10 наблюдается рост оценок за счет оформления Журнала регистрации записей и утверждения графика метрологического надзора за состоянием СИ, которые не были разработаны в 2003 году. Для дальнейшего улучшения этих факторов необходимо автоматизировать данные виды деятельности, что приведет к повышению результативности.

Таким образом, разработанная методика позволяет оценить результативность процесса «Управление устройствами для мониторинга и измерений» СМК, выработать корректирующие и предупреждающие действия, тем самым, повысив результативность всей СМК организации.

*Работа выполнена под руководством профессора кафедры
«Автоматизированные системы и приборы»
Трофимова А. В.*

РАЗРАБОТКА ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА

Предприятиям современной обороной промышленности необходимо заботиться не только о качестве выпускаемых изделий, но и о защите окружающей среды.

Учитывая современную государственную стратегию в области охраны окружающей среды, актуально разрабатывать и использовать интегрированные системы менеджмента качества и экологического менеджмента. Эти системы реализуют требования и рекомендации двух международных стандартов на системы менеджмента МС ИСО серии 9000 и МС ИСО 14000 и функционируют в составе интегрированной системы (далее ИС) как единое целое.

Первый международный стандарт, содержащий требования к системе экологического менеджмента серии ИСО 14000 появился в 1996г. Появление стандарта ИСО 14001 было обусловлено необходимостью оценки эффективности существующих систем экологического менеджмента на разных предприятиях и компаниях в разных странах мира по единым объективным критериям и облегчения задач предприятий имеющих намерения создать систему экологического менеджмента.

Серия ИСО 14000 связана с выпущенной ранее серией ИСО 9000, устанавливающей требования к системе менеджмента качества. Организационно-методическим фундаментом для создания интегрированных систем служат стандарты ИСО серии 9000. При этом особую значимость представляет процессный подход, который непосредственно отражает реальные процессы, осуществляемые в современном бизнесе. Общим для ИСО 9001 и ИСО 14001 является использование цикла управления PDCA (Plan — Do — Check — Action), установленного в теории качества.

При разработке интегрированной системы менеджмента (ИСМ) следует избегать механического объединения требований международных стандартов на менеджмент (без учета концепций и принципов, на которых базируются эти стандарты, и специфики сложившегося в организации менеджмента), что может привести к их формальному, поверхностному внедрению

Практическое создание интегрированных систем менеджмента осуществляется по одному из следующих вариантов. Первый вариант – это создание аддитивных моделей ИСМ, когда к системе менеджмента качества (СМК), выполняющей роль базовой системы, последова-

тельно добавляется система экологического менеджмента (СЭМ). Вторым вариантом является создание полностью интегрированных моделей, когда все системы менеджмента объединяются в единый комплекс одновременно. Несмотря на неоспоримые организационные и экономические преимущества второго варианта создания ИСМ, он встречается еще крайне редко, что обусловлено сложностью работ по данному варианту.

Экологический менеджмент представляет собой современный механизм управления природоохранной деятельностью, признанный на международном уровне. В его основе лежит системный подход и использование комплекса управленческих решений, процедур и документации. Система экологического менеджмента, — часть общей системы менеджмента предприятия, имеющая организационную структуру, элементы, механизмы, процедуры и ресурсы, необходимые для управления экологическими аспектами его деятельности посредством разработки, достижения целей экологической политики, ее пересмотра и корректировки.

Система экологического менеджмента включает 6 взаимосвязанных элементов:

- 1) экологическая политика;
- 2) планирование природоохранной деятельности в соответствии с принятой экологической политикой;
- 3) организация деятельности в системе экологического менеджмента и ее реализация;
- 4) внутренние проверки и корректирование осуществляемой деятельности;
- 5) анализ результатов деятельности и пересмотр системы экологического менеджмента;
- 6) демонстрация достигнутых в системе экологического менеджмента результатов и их последовательное улучшение.

Целесообразность создания интегрированных систем менеджмента качества и экологического менеджмента очевидна. К числу явных достоинств таких систем можно отнести:

- обеспечение большей согласованности действий внутри организации;
- минимизация функциональной разобщенности в организации, возникающей при разработке автономных систем менеджмента;
- меньшая трудоемкость создания интегрированной системы в сравнении с созданием нескольких параллельных систем;
- меньшее число внутренних и внешних связей;
- объем документов меньший, чем суммарный объем документов в нескольких параллельных системах;

– более высокая степень вовлеченности персонала в улучшение деятельности организации;

– меньшие затраты на разработку, функционирование и сертификацию интегрированной системы сравнительно суммарных затрат при нескольких системах менеджмента.

Внедрение интегрированных систем менеджмента качества и экологического менеджмента повышает рейтинг предприятий, конкурентоспособность предприятий на внутреннем и внешнем рынках, снижает риски возникновения аварийных ситуаций и масштабы последствий в случае их возникновения, способствует приобретению более благоприятного имиджа и улучшению отношений с потребителями, партнерами, инвесторами, государственными органами, общественностью, способствует минимизации негативного воздействия на окружающую среду, снижению числа случаев нарушений природоохранительного законодательства и снижению штрафов, а так же достижению экономии материальных ресурсов и росту экологической культуры персонала.

Ожидаемая результативность создания ИСМ может быть достигнута лишь в случае грамотного управления этим проектом. Интегрирование систем менеджмента качества и экологического менеджмента, отвечающих требованиям международных стандартов, следует рассматривать как предпосылку для устойчивого развития организации.

Список литературы:

1. Егорова, Л. Г. Как интегрировать системы менеджмента качества и охраны окружающей среды? Сертификация, 2002 №2.-с.14-19.

2. Системы экологического менеджмента для практиков, С. Ю. Дайман, Т. В. Островкова, Е. А. Заика, Т. В. Сокоркова. Под ред. С. Ю. Даймана, Москва РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2004.-180с.

*Работа выполнена под руководством к.т.н.
Григорьевой С. В.*

ПРИМЕНЕНИЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРИ ПОСТРОЕНИИ МОДЕЛИ ПРЕДПРИЯТИЯ

В настоящее время практически во всех литературных источниках, посвященных внедрению системы менеджмента качества, основанной на процессном подходе, используется термин «бизнес-процесс», который не определен в стандартах ИСО серии 9000. В стандартах ИСО серии 9000 отсутствует также и определение термина «идентификация», что во многих случаях приводит к неверному пониманию и применению на практике данного термина. Поскольку основу процессного подхода в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9000 – 2001 составляет «систематическая идентификация и менеджмент применяемых организацией процессов», то прежде, чем приступить непосредственно к описанию идентификации бизнес-процессов, следует определиться со значениями данных терминов. Выясним сначала, что же означает термин «бизнес-процесс».

В методическом пособии по реализации процессного подхода при внедрении системы менеджмента качества в организации, разработанном ООО «Конфлакс», дается такое определение [1]: «бизнес-процесс – вид деятельности, создающий ценности для потребителя и организации». Согласно этому определению все процессы, необходимые для получения конечных результатов деятельности организации и приносящие ей доход, относятся к бизнес-процессам [1].

Авторы В.В. Репин и В.Г. Елиферов отмечают, что термин «бизнес-процесс» принято использовать в современной практике моделирования управленческой и производственной деятельности для обозначения объектов моделирования[2]. В книге Б. Андерсена «Бизнес-процессы. Инструменты совершенствования» приведена следующая трактовка: «бизнес-процесс – цепь логически связанных, повторяющихся действий, в результате которых используются ресурсы предприятия для переработки объекта (физически или виртуально) с целью достижения определенных измеримых результатов или продукции для удовлетворения внутренних или внешних потребителей» [3].

Таким образом, анализируя приведенные выше определения, можно сделать вывод, что бизнес-процесс – это процесс, создающий дополнительную ценность для внешнего потребителя либо внутреннего. Поскольку любая организация в конечном итоге работает на потребителя и создаёт дополнительные ценности, то и всю деятельность любой организации можно разбить на бизнес-процессы.

Перейдем к определению термина «идентификация». Существует несколько различных вариантов определения этого термина, приведём некоторые из них.

В соответствии с [4] *идентификация* – установление совпадения, соответствия одного предмета, явления и т.п. другому предмету, явлению и т.п.

Советский энциклопедический словарь [5] дает такое определение: *идентификация* – признание тождественности, отождествление объектов, опознание; в технике, математике – установление соответствия распознаваемого предмета своему образцу (знаку), называемому идентификатором.

Кроме того, стандарт ГОСТ Р 51293 – 99 [6] содержит определение идентификации продукции – установление соответствия конкретной продукции образцу и (или) ее описанию.

Следовательно, с учётом изложенного, применительно к бизнес-процессам термин идентификация может быть использован в следующем смысле: установление соответствия конкретного бизнес-процесса образцу и (или) его описанию.

Под образцом в данном случае, по мнению автора, понимается какая-либо модель бизнес-процесса, например, функциональная, цель создания которой – проиллюстрировать, к чему должен стремиться реальный бизнес-процесс и какие признаки его характеризуют. Таким образом, в данном случае задача идентификации сводится к тому, чтобы установить, соответствует ли реальный бизнес-процесс своей модели.

Отсюда можно сделать вывод, что при внедрении процессного подхода к управлению предприятием необходимо сначала прибегнуть к моделированию, т.е. к описанию бизнес-процессов с помощью различных (графических, табличных, символьных) средств для создания некой «идеальной» модели бизнес-процесса, которую в дальнейшем использовать для сравнения с реальной, т.е. имеющейся моделью. При классическом подходе к моделированию процессов необходимо создавать две бизнес-модели: исходную («как есть») и целевую («как должно быть»)[7]. Целевая модель «как должно быть» строится в соответствии с требованиями стандартов (например, ГОСТ Р ИСО 9000 – 2001). Исходная же модель «как есть» описывает реальные процессы на предприятии. Процесс идентификации в этом случае будет заключаться в постоянном сравнении исходной модели с целевой для установления имеющихся несоответствий. При выявлении несоответствий должен быть проведён их анализ, выработаны и реализованы корректирующие действия, пока не будет достигнуто полного совпадения исходной и целевой моделей.

Любой бизнес-процесс обладает набором признаков, по которым он может быть выделен из других бизнес-процессов. Автором предлагается несколько идентификационных признаков: название процесса; идентификационный номер процесса; владелец процесса; входы процесса; выходы процесса; управляющие воздействия; ресурсы, необходимые для осуществления процесса.

В результате идентификации должно быть установлено соответствие реального процесса своей идеальной модели по всем 7 идентификационным признакам. Например, рассмотрим рисунок 1, на котором представлена модель процесса «Как должно быть», и рисунок 2, на котором представлена модель процесса «Как есть».

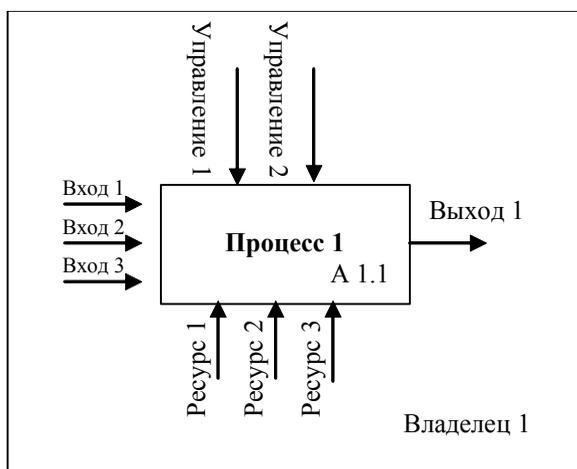


Рис. 1. Модель «Как должно быть»

Из рисунков видно, что модель «Как есть» по некоторым признакам не соответствует модели «Как должно быть». А именно: на реальный процесс затрачивается меньше ресурсов, а также управление процессом осуществляется при помощи одного нормативного документа, в отличие от идеального процесса. В данном случае в результате идентификации установлено, что исходный бизнес-процесс не соответствует целевому. В этом случае должен быть проведен тщательный анализ с целью установления причин несоответствий и разработки корректирующих действий, реализация которых приведёт реальный бизнес-процесс к целевому.

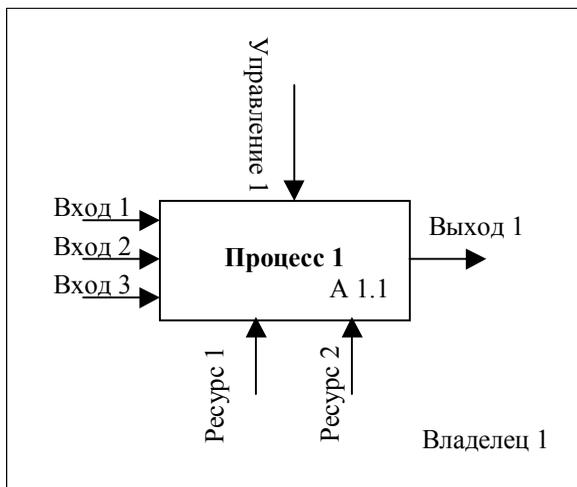


Рис. 2. Модель «как есть»

Таким образом, при идентификации бизнес-процессов проводится сравнение реального процесса с его целевой моделью. Результатом идентификации может стать либо установленное соответствие процесса модели, либо несоответствие. В случае выявления каких-либо несоответствий должен быть проведен анализ и разработаны корректирующие действия, в результате реализации которых реальный процесс совпадёт с его целевой моделью.

Описанный метод идентификации бизнес-процессов позволяет приблизить реальную структуру любого предприятия к требуемой, «идеальной» с точки зрения её создателя.

Список литературы:

1. Реализация процессного подхода при внедрении системы менеджмента качества в организации. Практическое пособие. - Санкт-Петербург: «ООО «Конфлакс», 2002. – 50 с.
2. В.В. Репин, В.Г. Елиферов. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2004. – 408 с.
3. Б. Андерсен. Бизнес-процессы. Инструменты совершенствования /Пер. с англ. С.В. Ариничева /Науч. Ред. Ю.П. Адлер. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2003. – 272 с.
4. Современный словарь иностранных слов: толкование, словоупотребление, словообразование, этимология /Л.М. Баш, А.В. Боброва и

др. Издание 4-е, стереотипное. – М.: Цитадель-трейд, Рипол классик, 2003. – 960с.

5. Советский энциклопедический словарь. – М.: изд-во «Советская энциклопедия», 1980. – 1600с.

6. ГОСТ Р 51293 – 99. Идентификация продукции. Общие положения. – М.: ИПК «Издательство стандартов», 1999. – 3 с.

7. <http://www.management.com.ua/bpr/index.php>

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. кафедры
«Автоматизированные системы и приборы»
Пономаревым С. В.*

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Направление 551800

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Магистерская программа 551815

ПРИВОДЫ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ МАШИНАМИ И ОБОРУДОВАНИЕМ 3

Барышникова О. В. Применение пневматической (струйной) системы для управления внутренними гидравлическими связями зубообрабатывающих станков 3

Караганов А. С. Варианты осуществления микроподачи в гидравлическом приводе 8

Шереметьев А. В. Повышение точности контурошлифовального полуавтомата с ЧПУ мод. МА396Ф3 11

Шперлинг А. Н. Обработка деталей с винтовыми поверхностями переменного шага 14

Магистерская программа 551819

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН 19

Мокрозуб В. Г., Корнилов А. В. Система автоматизированного проектирования привода емкостного аппарата с перемешивающим устройством 19

Рухов А. В. Изучение структуры и свойств адсорбентов методами сканирующей зондовой микроскопии 23

Мокрозуб В. Г., Тафинцев А. В. Система автоматизированного проектирования опор и строповых устройств емкостных аппаратов 27

Филатова Е. Ю. Оптимизация горизонтальных грунтовых испарителей тепловых насосов 30

Филатова Е. Ю. Математическое моделирование горизонтальных грунтовых испарителей тепловых насосов 35

И. В. Яковлев, А. Ю. Бакулин, С. В. Карпушкин. Система автоматизированного выбора и расчета измельчителей твердых сыпучих материалов 41

Магистерская программа 551822

МАШИНЫ И АГРЕГАТЫ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 45

Гро Р. Н. Получение дизельного топлива из растительного сырья 45

Пешкова Е. В., Попов А. Е. Применение методов математического моделирования и оптимизации химических реакторов в условиях неопределенности 49

<i>Магистерская программа 551826</i> ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРОВ	54
--	----

Полушкин Д. Л., Шашков И. В., Воропаев А. Г. Разработка конструкции и метода расчета гранулирующей приставки к вальцам непрерывного действия	54
---	----

Полушкин Д. Л., Шашков И. В. Влияние технологических параметров процесса вальцевания на физико-механические показатели ПЭНП	57
--	----

Туляков Д. В., Соколов М. В. К вопросу определения режимов экструзии резинотехнических изделий с учетом изменения их размеров	61
--	----

<i>Магистерская программа 551835</i> МАШИНЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ	65
---	----

Авсеев А. С., Глебов Г. Г. Экспериментально-аналитическое исследование быстрых гравитационных течений зернистых материалов	65
---	----

Ковалев С. В., Красненков П. Г., Мамонтов В. В. Расчет наблюдаемой селективности и рабочей поверхности мембраны на ультрафильтрационной установке трубчатого типа	70
--	----

Ли Чжицзя, Промтов М. А. Интенсификации массообменных процессов с использованием импульсных энергетических воздействий (на примере кавитации)	74
--	----

Направление 550100
СТРОИТЕЛЬСТВО

<i>Магистерская программа 550101</i> ТЕОРИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	79
--	----

Матрохин А.В., Переделкин А.В., Шкутов А.С. Осадка прямоугольных штампов на песчаном основании 79	
--	--

Оводков И. В., Ярцев В. П. Влияние клевого шва на долговечность пенополистирола в ограждающих конструкциях	83
---	----

Семьянинова М. В. Прочность асбестоцементных труб в агрессивной среде и их термическое расширение	86
--	----

Старков А. В. Использование армирования для повышения несущей способности основания при сложных силовых воздействиях	90
---	----

Сузюмов А. В. Термическое расширение фанеры	94
--	----

Якименко Е. С., Корчагина О. А., Худяков А. В. Оптимальное проектирование конструкций на самоупругающем бетоне	97
---	----

Матрохин А. В., Переделкин А. В., Шкутов А. С. Испытания штампов на песчаном основании 99

Направление 551100

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Магистерская программа 551105

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ 102

Данилкин С. В. Программный модуль энергосберегающего управления 102

Кожаринов В. В. Уменьшение погрешности измерений информационно-измерительной системы оперативного неразрушающего контроля теплофизических характеристик материалов 106

Котов И. О. Программное обеспечение микроконтроллера измерителя параметров материалов в СВЧ диапазоне 108

Нистратов М. И. Стратегия определения межпроверочных интервалов эксплуатируемых электронных измерительных средств 112

Ольшанский Д. С. Применение смешанно-сигнальных микроконтроллеров для оптимального управления нагревом 115

Орлов С. В. Технологии распределенных объектов в системах управления 117

Осипов Е. В. Концепция разработки гибких WEB-приложений 121

Титков А. В. Развитие базы знаний экспертной системы энергосберегающего управления 125

Магистерская программа 551108

ЭЛЕМЕНТЫ И УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ 128

Озаренко А. В. Структура и свойства порошковых сплавов ЮНДКБА в высококоэрцитивном состоянии 128

Направление 521500

МЕНЕДЖМЕНТ

Магистерская программа 521506

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ 132

Ни Цянь. Управление и оценка уровня качества 132

Направление 552200

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

Магистерская программа 552215

ВСЕОБЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ 137

Трофимов А.В., Кузнецова Е.С. Процессы, используемые при анализе СМК 137

**Минько И. С. Методика оценки результативности процесса
« Устройствами для мониторинга и измерений»
системы менеджмента качества НИИ 140**

**Соколова Е. Ю. Разработка интегрированных систем менеджмента качества
экологического менеджмента 146**

**Чепурнова Е. Е. Применение идентификации бизнес-процессов
при построении модели предприятия 149**

**ИННОВАЦИИ В МИРЕ
РОССИЙСКОЙ НАУКИ
XXI ВЕКА**

Сборник статей магистрантов

Выпуск II

Технический редактор Л. Николаева

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.
Печать на ризографе. Усл. печ. л. 9,3. Тираж 100 экз. Изд. 292.

Печать ТОГУП «Тамбовполиграфиздат».
392602, Тамбов, Моршанское шоссе, 14.

